

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA
INDUSTRIA CERVECERA COMO ESTRATEGIA
DE EXCELENCIA OPERATIVA”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Talla Chicoma, Elisa Denisse

ASESOR

Ing. Cesar Campos Contreras

Lima – Perú

2015

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, por ser mi apoyo constante y permitir que siempre luche por lo que quiero lograr ser.

AGRADECIMIENTO

Darle gracias a Dios, por permitirme dar el don de la vida, a mi familia, por ser mi fuente de inspiración y a mi madre por ser tan dedicada y ser mi fuente de sostén en cada paso que doy.

Al Ing. Alfonso Gordillo, director de Planta , al Ing. Luis Saer , Jefe de Servicios Industriales ,a Rubén Mogollón y a Manuel Ortiz, Ingenieros de Servicios Industriales por su apoyo y enseñanzas brindadas ya que al permitirme formar parte del equipo de planta de fuerza he podido complementar mis conocimientos tanto técnicos como de gestión.

Al Sr. Jaime Uribe, Renán Lizárraga, Juan Caballero, Raúl Ojeada, Humberto Hidalgo, Raúl Castañeda, Arturo Mauri, Cesar López, Alejandro Taboada, Joseph Zurita y Alfredo Bustinza, grupo humano perteneciente a la fuerza operativa de Servicios Industriales de planta, los cuales siempre estuvieron dispuestos a resolver mis consultas o dudas acerca del funcionamiento del proceso de Planta.

Finalmente quisiera agradecer de manera especial al Ing. Arturo Colan, Ingeniero de Servicios Industriales, por brindarme su constante apoyo y conocimientos ; y a mi asesor, el Ing. Cesar Campos Contreras, catedrático de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su colaboración en la presentación de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE IMÁGENES	11
INTRODUCCIÓN	12
Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Situación Problemática	13
1.2. Formulación del Problema	14
1.3. Problemas específicos	14
1.4. Justificación de la Investigación	14
1.5. Objetivo general	15
1.6. Objetivos específicos	15
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Estrategia de Excelencia Operacional	17
2.2. Herramientas de Solución de Problemas	20
2.2.1. La Metodología PDCA	20
2.2.1.1. Etapas de la Metodología PDCA de Mejora Continua	20
2.2.2. Benchmarking	23
2.2.3. Diagrama de Pareto	24
2.3. El consumo de energía eléctrica en la industria	27
2.3.1. Eficiencia energética	28
2.3.2. Ahorro energético	30
2.3.3. Indicadores energéticos	30
2.3.4. Intensidad Energética	31

2.3.5.	Demanda energética.	32
2.3.5.1.	Índice de Eficiencia Energética.....	33
2.3.6.	Consumo de energía eléctrica en la cervecería	34
2.3.7.	Variables de control del consumo de energía.....	35
2.3.7.1.	El indicador de Energía.....	35
2.3.7.2.	COP	35
2.4.	Teoría del Sistema de Refrigeración	37
2.4.1.	Introducción al Sistema de Refrigeración	37
2.4.2.	Bases conceptuales	37
2.4.3.	Nociones de Termodinámica	38
2.4.3.1.	¿Qué es la Termodinámica?	38
2.4.3.2.	Primera Ley Termodinámica.	38
2.4.3.3.	El Calor	38
2.4.3.4.	Estados de la Materia.....	38
2.4.3.5.	Transferencia De Calor	39
2.4.3.6.	Calor Sensible.....	41
2.4.3.7.	Calor Latente.....	41
2.4.3.8.	Sistema Termodinámico	41
2.4.3.9.	Proceso Termodinámico	42
2.4.3.10.	Segunda Ley de Termodinámica	42
2.4.3.11.	Diagramas de Ciclos y sus Aplicaciones	42
2.4.4.	Refrigeración	43
2.4.5.	Refrigerante	44
2.4.6.	El amoníaco como refrigerante.....	48
2.4.7.	Ciclo Teórico de Refrigeración	49

2.4.8.	Componentes de un Sistema de Refrigeración	50
2.4.9.	Presión de Succión	51
2.4.10.	Presión de Descarga	51
2.4.11.	Ciclos Reales de Refrigeración por compresión	51
2.4.12.	Descripción de un sistema de refrigeración	52
Capitulo III.	ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	54
3.1.	La Empresa	54
3.1.1.	Misión de la Planta	55
3.1.2.	Visión de la Planta	55
3.1.3.	Proceso de Elaboración de la Cerveza	55
3.2.	El Proceso	56
3.2.1.	Materias primas	57
3.2.2.	Tratamiento de agua	57
3.2.3.	Almacenamiento	57
3.2.4.	Molienda	58
3.2.5.	Cocimiento	58
3.2.6.	Enfriamiento del mosto	58
3.2.7.	Fermentación y maduración	58
3.2.8.	Filtración	59
3.2.9.	Envasado	59
3.3.1.5.	Etiquetado e identificación	60
3.3.1.6.	Encajonado	60
3.2.10.	Distribución	60
3.2.11.	Servicios Industriales o Planta de Fuerza	61
3.3.	Descripción de los Procesos de Planta de Fuerza	63

3.3.1.	Planeamiento Estratégico de Planta de Fuerza	63
3.3.2.	Procesos de Planta de Fuerza	63
3.3.2.1.	Sistema de Aire.....	64
3.3.2.2.	Sistema de Vapor	66
3.3.2.3.	Sistema de CO2	69
3.3.2.4.	Sistema de Refrigeración	71
Capítulo IV.	METODOLOGÍA EMPLEADA	73
4.1.	Tipo de Investigación.....	73
4.2.	Variables a considerarse	73
4.3.	Descripción de la Situación	73
4.4.	Análisis de la situación.....	74
4.5.	Estrategia de Benchmarking.....	77
4.6.	Diagrama de Pareto de los Consumidores de Energía de la Planta.	78
4.7.	Estratificación del consumo de energía en Planta de Fuerza.	80
4.8.	Análisis del Sistema de Refrigeración de Planta de Fuerza	81
4.9.	Descripción de la oportunidad de Mejora.....	83
4.10.	Metodología PDCA	83
4.10.1.	Planeamiento	83
4.10.1.1.	Elaboración de Cronograma de Trabajo	84
4.10.1.2.	Análisis de las condiciones iniciales técnica del sistema	85
4.10.1.3.	Análisis de los indicadores antes de la propuesta:.....	87
4.10.1.4.	Planteamiento de la Propuesta	88
4.10.1.5.	Ejecución de la Propuesta.....	90
4.10.2.	Verificar	92
4.10.3.	Análisis de Resultados Técnicos	92

4.10.4.	Análisis Costo Beneficios	94
4.11.	Acciones de Aseguramiento	95
CONCLUSIONES.....		98
RECOMENDACIONES		100
BIBLIOGRAFÍA.....		101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Círculo de mejora continua de Deming.....	17
Figura 2: Diagrama del COP	31
Figura 3 : Diagrama de los cambio de estado de la energía	39
Figura 4 : Diagrama del ciclo básico de compresión en el sistema de refrigeración.....	49
Figura 5 : Componentes del ciclo de refrigeración por compresión.....	50
Figura 6 : Diagrama del sistema típico de refrigeración	52
Figura 7 :Estructura organizacional de la Servicios Industriales de Planta	61
Figura 8: Diagrama del sistema de Aire	65
Figura 9 : Diagrama del sistema de Vapor.....	68
Figura 10 : Diagrama del sistema de CO2.....	70
Figura 11: Diagrama del Sistema de Refrigeración	72
Figura 12 : AFF sobre el consumo de Energía Eléctrica en toda la Planta	76
Figura 13 : Diagrama de Pareto de los consumos de energía de todas las áreas.....	79
Figura 14 : Estratificación de consumos de Planta de Fuerza.....	80
Figura 15 : AFF sobre el consumo de Energía Eléctrica en el sistema de Refrigeración	82
Figura 16 : Diagrama de Presión vs Entalpía.....	85
Figura 17 : Diagrama de Presión vs Entalpía.....	86
Figura 18 : Diagrama de Presión vs Entalpía.....	86
Figura 19: Gráfica del COP del sistema antes de la mejora.....	87
Figura 20 : Indicador de energía Eléctrica Antes de la Propuesta.....	88
Figura 21 : Presiones implementadas en la pantalla del Sistema de Control	91
Figura 22 : Valores de la Pantalla de Braumat de los sensores de T°	92

Figura 23 : Indicador COP	92
Figura 24 : Indicador de Energía Eléctrica	93

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 : Tabla de Calores específicos dependiendo de la sustancia	40
Tabla N° 2: Resumen de consumo de energía de otras Plantas	77
Tabla N° 3 : Indicador de consumo de energía Eléctrica de todas las Áreas.....	78
Tabla N° 4 Análisis Costo Beneficio Cualitativo del Proyecto.....	94
Tabla N° 5 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo 1 del Proyecto	94
Tabla N° 6 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo 2 del Proyecto	95
Tabla N° 7 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo del Proyecto.....	95

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 : Perspectiva en 3D de la Planta	55
Imagen 2 : Proceso de elaboración de la cerveza	57

INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía debe considerarse como un objetivo ambiental en toda industria, el cual debe alcanzarse por medio de un programa de ahorro de energía, elaborado y ejecutado en el ambiente de la empresa.

El uso de energía puede variar dependiendo del tipo de industria, el tipo de proceso , y el volumen de producción, entre otros factores, pero en estos días se vuelve cada vez más prioritaria la optimización del recurso energía para de esta manera reducir costos y tener una producción más amigable con el medio ambiente.

En una cervecera los procesos demandan el uso de una gran cantidad de energía, es por ello que cada oportunidad de ahorro cuenta y no se puede desperdiciar en lo más mínimo ya que esto se ve reflejado directamente en el costo final del producto, es por ello que el índice de energía es un indicador de cuanto ahorro o desperdicio existe en los procesos.

Esta tesis trata sobre la reducción del índice de consumo de energía eléctrica en KW-H/ Hl de cerveza envasado en un periodo mensual, para lo cual se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto de ahorro de energía utilizando la herramienta de mejora continua PDCA. La realización del proyecto de ahorro de energía inicia al realizar un análisis sistemático del proceso, luego se procedió a la identificación de las principales causas del desperdicio de energía para reducir el índice de consumo, encontradas las causas se pasó a definir el problema para luego elaborar y ejecutar un plan de acción que detenga las causas eliminando el problema y se obtener el ahorro de energía buscado.

Con la finalidad de la resguardar la identidad y el prestigio, en adelante la empresa será referenciada como “Empresa Cervecera”.

Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

“Empresa Cervecera” es una empresa líder en el mercado nacional , motivo por el cual constantemente busca mejorar y optimizar sus procesos, de manera que pueda lograr alcanzar cada día mayor eficiencia y de esa forma poder mantener el liderazgo de sus marcas en el mercado, las cuales obedecen a las altas exigencias de los consumidores.

Como empresa se maneja la filosofía términos como innovación, mejora continua de procesos, altos controles de calidad, eficiencia en la producción para poder satisfacer la gran demanda que tiene en el mercado y manejo óptimo de los recursos.

La Gerencia de Ingeniería de Cervecería Backus es la encargada de operación , mantenimiento y optimización constante de los servicios dispuestos para la producción de cerveza , los cuales son el sistema de vapor , CO₂,agua ,aire, frío y energía eléctrica.

En la actualidad la planta tiene un consumo de energía eléctrica muy elevado, lo cual representa tener un indicador de 8.4 KWH/Hl de cerveza envasado, es ahí donde nace la oportunidad de mejorar encuentra al evaluar cada uno de los procesos cuya base es el consumo de energía eléctrica. Para ello se plantearan diversos escenarios de operación y se

calculará porcentaje de participación en el proceso. Una vez conocida la demanda se comparará con la capacidad instalada para poder determinar el porcentaje de carga consumido, y así poder plantear la posible situación de ahorro en el consumo.

1.2. Formulación del Problema

- ¿Es posible reducir el consumo de Energía Eléctrica en una industria cervecera?

1.3. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de los procesos en planta que se relacionan con el sistema de refrigeración?
- ¿De qué manera se puede estratificar los consumos de energía en la planta?
- ¿Cuáles son los consumos que se pueden optimizar en la planta?
- ¿Cómo es el procedimiento de implementación de un proyecto de ahorro de energía en la planta?
- ¿Qué variable de control de proceso es necesaria implementar para hacerle seguimiento y evaluar los logros obtenidos?

1.4. Justificación de la Investigación

Reducir costos para maximizar beneficios, es la condición clave para toda empresa , lograr que esa relación exista permite que como empresa se puedan ver los resultados óptimos , ya que ese monto que implicaba un costo pasa a ser un ahorro.

Por otro lado ,la producción y el uso de la energía suponen la principal causa, junto con el transporte, de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases responsables del cambio climático. Por ello, una de las formas de actuar para limitar e impedir sus gravísimas consecuencias ambientales, sociales y económicas, relacionadas con el aumento de temperatura, subida del nivel del mar y disminución de precipitaciones, entre otras, consiste en reducir el consumo energético.

La toma de conciencia por parte de las industrias juega un rol muy importante ya que el control de la generación y distribución eléctrica está en manos de grandes corporaciones multinacionales que actúan con criterios de rentabilidad económica por encima de cualquier consideración ambiental y social. El cumplimiento responsable del control y mitigación de los impactos al medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales renovables y no renovables no solo beneficia al medio ambiente sino también a las empresas las cuales tienen como fin generar ingresos.

En el proceso de la elaboración de cerveza, el sistema de refrigeración tiene un papel fundamental muy importante para la obtención de un producto de calidad, por ello la importancia de conocer su comportamiento ante las demandas de los consumidores del mismo.

El ciclo teórico de funcionamiento de un sistema de refrigeración indica que el sistema es 100% eficiente, esto es debido a que es ideal, si esto es llevado y aplicado en la realidad se puede observar que no se puede lograr dicha eficiencia debido a que el sistema tiene ciertas pérdidas irreversibles, pero lo que sí se puede lograr es optimizar ciertas partes del proceso para aumentar su eficiencia.

El presente trabajo refleja el logro obtenido en la reducción de consumo de energía eléctrica en el sistema de refrigeración, aportando de esta manera a la conciencia social sobre el cuidado del medio ambiente.

1.5. Objetivo general

Reducir el consumo de energía eléctrica en planta.

1.6. Objetivos específicos

- (i) Analizar las características de los procesos y operaciones realizadas en el sistema.
- (ii) Determinar acciones que permitan optimizar los consumos de planta, y poder actualizar los procesos en base a los cambios realizados.

- (iii) Determinar la demanda de los consumidores presentes en el sistema de refrigeración por amoníaco.
- (iv) Implementar un procedimiento de ejecución de proyectos de ahorro de energía
- (v) Identificar la variable correcta para poder evaluar los logros obtenidos.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1. Estrategia de Excelencia Operacional

La eficacia es un concepto relativo a la capacidad de una organización para cumplir con su misión. Sin embargo, eficacia no implica eficiencia ya que una organización puede ser eficaz, pues cumple correctamente su misión, pero esto no implica que resulte eficiente, pues invierte grandes recursos en el logro de sus resultados económicos. De igual forma puede lograr la eficiencia y la misión estar mal formulada (no se corresponde con la necesidad económica y social) por lo que podría resultar ineficaz la gestión de la empresa. Ambos términos están implícitos en la excelencia empresarial y a su vez el término se identifica con el logro de ventajas sostenidas en el mercado por lo que la excelencia es asociada con la competitividad.

En una empresa se entiende por competitividad a la capacidad de desarrollar y mantener unas ventajas comparativas que le permiten disfrutar y sostener una posición destacada en el entorno socio económico en que actúan. Se entiende por ventaja comparativa a aquella habilidad, recurso, conocimiento, atributos, etc., que dispone una empresa, de la que carecen sus competidores y que hace posible la obtención de unos rendimientos superiores a estos”.

Para Porter, la competitividad es la ventaja la cual tiene que ver en lo fundamental con el valor con el que una empresa es capaz de crear para sus compradores y que exceda al costo de esa empresa por crearlo.

La competitividad es un concepto relativo, indica la posición comparativa de los sistemas (empresas, países o sectores) utilizando la misma medida de referencia. Se puede decir que es un concepto en desarrollo, no acabado y sujeto a muchas interpretaciones y formas de medición. Dependiendo de la dimensión a la que pertenezcan los sistemas organizativos, se utilizarán unos indicadores distintos para medirla.

En definitiva, la competitividad empresarial requiere un equipo directivo dinámico, actualizado, abierto al cambio organizativo y tecnológico, y consciente de la necesidad de considerar a los miembros de la organización como un recurso de primer orden al que hay que cuidar. Sin embargo, se puede afirmar que este suele ser uno de los puntos débiles de un elevado número de empresas que ha desaparecido o tienen problemas de supervivencia. Como sabemos, el equipo directivo determina en gran medida la actitud de los miembros de la organización hacia el trabajo. La experiencia demuestra que las empresas que mantienen en el tiempo posiciones competitivas sostenidas, dedican una gran atención al futuro, al tiempo que vigilan constantemente su entorno. Michael Porter a partir de la definición de “cadena de valor” identifica las líneas de acción que la empresa puede tomar para diseñar su estrategia competitiva adecuada a sus necesidades.

Los conceptos de competitividad, estrategia y excelencia operacional son términos muy empleados en la actualidad, incluso algunos indican que existe confusión entre los estrategas los cuales defienden que la estrategia es lo más importante y los de operaciones quienes defienden que lo básico es la excelencia operacional.

2.1.1. Concepto de estrategia

Se ha de tener en cuenta que el objetivo de la estrategia es lograr conseguir una diferenciación positiva de la competencia, perceptible por el cliente y perdurable en el tiempo. Para ello, se debe pensar en crear una posición competitiva única transformando o redefiniendo el sector en el que se opera (o en los que potencialmente se pueda operar).

Este concepto no es exclusivo de las grandes compañías sino que debería ser el “modus vivendi” de cualquier organización de cualquier tamaño y de cualquier sector.

Es habitual que los directivos no crean en la estrategia y que usen expresiones como “en mi sector ya está todo inventado” o “realmente no podemos conseguir ninguna diferenciación de nuestra competencia”... esto no es cierto aunque tampoco nadie ha dicho que innovar estratégicamente sea sencillo. Casos como el de Dell es un ejemplo claro de una pequeña empresa que se ha convertido en una gran empresa gracias a la innovación estratégica.

2.1.2. Excelencia operacional

La Excelencia Operacional busca conseguir ejecutar de la mejor manera posible, en cuanto a tiempos y costes, lo definido en la estrategia elegida.

Lo ideal es tener una estrategia diferencial y ser excelentes operacionalmente hablando. Buscar la excelencia operacional es especialmente importante cuando se opera sin ninguna ventaja competitiva/comparativa sobre los competidores.

Según Michael Porter , lo más importante es la estrategia que las operaciones para la competitividad de la empresa. Dicho de otra manera, es más competitiva una organización con una buena estrategia y un mal desarrollo de sus operaciones que una organización excelente operacionalmente hablando y que tenga una mala estrategia.

Para conocer la competitividad es necesario realizar un “análisis estratégico”, de igual manera se debe tener en cuenta el concepto de “ventana de oportunidad” por el que puede haber una oportunidad puntual en el tiempo que permite una estrategia diferencial pero que no es perdurable en el tiempo. Es habitual encontrar compañías que vienen de tener unos excelentes resultados durante varios años como resultado a una posición competitiva privilegiada y que en un determinado momento debido a la entrada de nuevos competidores, van perdiendo su posición competitiva. Cuando esto sucede, cada vez es más difícil vender los productos/servicios con una rentabilidad como la de tiempos pasados ya que no se tiene ningún tipo de diferenciación con la competencia y todo ello lleva a una situación muy delicada.

2.1.2.1. Objetivos de los procesos de Excelencia Operativa

- Minimizar los desechos.
- Minimizar los tiempos de proceso.
- Minimizar los reprocesos.
- Mantener perfectamente limpios, ordenados y bien presentados los locales.
- Minimizar los impactos ambientales.

Para la excelencia operacional se emplean herramientas como la calidad total, la reingeniería de procesos, la gestión por procesos, la incorporación de las Nuevas Tecnologías de la Información a nivel operativo, etc.

2.2. Herramientas de Solución de Problemas

2.2.1. La Metodología PDCA

La metodología PDCA también conocida como el Círculo de Mejora Continua de Deming, ya que fue el Dr. Williams Edwards Deming uno de los primeros que utilizó este esquema lógico en la mejora de la calidad y le dio un fuerte impulso.

Basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart, esta metodología constituye una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, también se le denomina espiral de mejora continua y es muy usado por los diversos sistemas utilizados en las organizaciones para gestionar aspectos tales como calidad (ISO 9000), medio ambiente (ISO 14000), salud y seguridad ocupacional (OHSAS 18000), o inocuidad alimentaria (ISO 22000).

Las siglas PDCA son el acrónimo de las palabras inglesas Plan, Do, Check, Act, equivalentes en español a Planificar, Hacer, Verificar, y Actuar.

La interpretación de este ciclo es muy sencilla: cuando se busca obtener algo, lo primero que hay que hacer es planificar cómo conseguirlo, después se procede a realizar las acciones planificadas (hacer), a continuación se comprueba qué tal se ha hecho (verificar) y finalmente se implementan los cambios pertinentes para no volver a incurrir en los mismos errores (actuar). Nuevamente se empieza el ciclo planificando su ejecución pero introduciendo las mejoras provenientes de la experiencia anterior.

2.2.1.1. Etapas de la Metodología PDCA de Mejora Continua



Figura 1 : Circulo de Mejora Continua de Deming

1. Planificar

Esta etapa consiste en establecer las actividades del proceso necesarias para obtener el resultado esperado. Cuando se plantean acciones basadas en el resultado esperado, la exactitud y cumplimiento de las metas a lograr se convierten también en un elemento a mejorar.

Parte de la planificación consiste en:

- Recopilar datos para profundizar en el conocimiento del proceso.
- Detallar las especificaciones de los resultados esperados.
- Definir las actividades necesarias para lograr el producto o servicio, verificando los requisitos especificados.
- Identificar los objetivos que constituyen el objeto de la mejora.
- Determinar los métodos, recursos y organización para alcanzarlos.
- Definir los indicadores que permitirán establecer el punto de partida y cuantificar los objetivos.

De la planificación deben surgir metas, objetivos claros y específicos, y esto por dos razones:

- Cuanto más precisamente definido está lo que se pretende alcanzar, mayor es la probabilidad de lograrlo.

- Los progresos sólo se pueden medir con relación a unos objetivos previamente planteados y cuantificados.

2. Hacer

Consiste en hacer efectivo lo planeado, es decir, se ejecuta el plan estratégico, lo que contempla: organizar, dirigir, disponer los recursos y supervisar la ejecución, de manera que se recopile los datos para verificarlos y evaluarlos en los siguientes pasos.

3. Verificar

Se evalúan los resultados reales conseguidos y se comparan con los objetivos establecidos en la planificación. La clave de la verificación está en haber determinado, con anterioridad, indicadores para la medición de los objetivos.

Pasado cierto tiempo de la ejecución, los datos de control son recopilados, analizados y comparados con los requisitos especificados inicialmente, para saber si se han cumplido y evaluar si se ha logrado producir la mejora esperada.

- Monitorear la implementación y evaluar el plan de ejecución documentando las conclusiones.

4. Mejorar

Luego de haber comprobado que se cumplieron los objetivos previstos con los resultados reales, si se alcanzó lo planificado, los cambios son sistematizados y documentados, es decir, normalizados.

En caso de no haberse logrado los objetivos del plan, se analizan las causas de las desviaciones y se generan las acciones que permitan eliminar las causas-raíz de esos errores.

Este paso permite evaluar los resultados obtenidos de manera que:

- Si se han detectado errores parciales en el paso anterior, realizar un nuevo ciclo PDCA con nuevas mejoras.
- Si no se han detectado errores relevantes, aplicar a gran escala las modificaciones de los procesos.
- Si se han detectado errores insalvables, abandonar las modificaciones de los procesos.

Documentar el proceso y ofrecer una realimentación para la mejora en la fase de planificación.

Algunos expertos, prefieren denominar este paso "Ajustar". Esto permite comprender que el cuarto paso tiene que ver con la idea de cerrar el ciclo con la retroalimentación para acercar los resultados obtenidos a los objetivos.

2.2.2. Benchmarking

El benchmarking es un punto de referencia sobre el cual las empresas comparan algunas de sus áreas.

Según la definición de David T. Kearns, Director General de Xerox Corporation "el benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones reconocidas como las mejores práctica, aquellos competidores más duros".

En resumen, el benchmarking consiste en tomar como referencia a los mejores y adaptar sus métodos, sus estrategias, dentro de la legalidad. Por ejemplo, puedes adaptar las mejores prácticas en atención y servicio al cliente.

Permite la comparación de las empresas en aspectos fundamentales como :

El nivel de calidad, el cual permite el análisis del valor creado de un producto, teniendo en cuenta su precio y los costes necesarios para su fabricación y venta.

La productividad, con la cual las empresas comparan cuánto producen y cuánto consumen para obtener esa cantidad con el objetivo de comparar eficiencia en los procesos.

El benchmarking puede clasificarse en 3 tipos, los cuales son internos, competitivos y funcionales.

- Interno, es el empleado en grandes empresas formadas por numerosos departamentos y/o divisiones, en las que es muy común compara los niveles alcanzados dentro de la misma organización.

- Competitivo, se utiliza con frecuencia cuando hay una competencia agresiva, comparando algunos aspectos con los competidores más directos o con los líderes del mercado sobre un cierto producto. Normalmente, es el tipo de benchmarking más complicado de llevar a cabo dada la limitada información que las empresas ofrecen sobre sus procesos.
- Funcional, consiste en realizar comparaciones con empresas que no pertenecen a la misma industria; con esto se logra la ventaja de obtener la información necesaria al no ser competidor de la empresa.

2.2.3. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es utilizado para establecer prioridades y enfocar las acciones a desarrollarse posteriormente.

Además permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, es por ello que permite unificar criterios y crear un consenso.

Este tipo de análisis es aplicable para establecer prioridades para no dispersar esfuerzos y optimizar resultados de la propuesta a realizarse. Permitiendo lo siguiente:

- Asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos
- Permite identificar las causas claves de un problema .
- Comprobar los resultados del grupo de trabajo implantada la propuesta de solución.

Es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice: "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan". En otras palabras: un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales.

Por lo enunciado anteriormente se le considera como regla 80 - 20 o también por "muchos triviales y pocos vitales" o por la curva ABC.

El diagrama de Pareto es un caso particular del gráfico de barras, en el que las barras que representan los factores correspondientes a una magnitud cualquiera están ordenados de mayor a menor (en orden descendente) y de izquierda a derecha.

Este principio empírico que se presenta en todos los ámbitos de la vida como el económico (la mayor parte de la riqueza está concentrada en unas pocas personas), el geográfico (la mayoría de la población vive en una pequeña parte del territorio), etc., se aplica al análisis de problemas entendiendo que existen unos pocos factores (o causas) que originan la mayor parte de un problema.

Concretamente este tipo de diagrama, es utilizado básicamente para:

- Conocer cuál es el factor o factores más importantes en un problema.
- Determinar las causas raíz del problema.
- Decidir el objetivo de mejora y los elementos que se deben mejorar.
- Conocer si se ha conseguido el efecto deseado (por comparación con los Paretos iniciales).

2.2.3.1. Modo de aplicación del diagrama de Pareto

- Recolectar o recoger datos y clasificarlos por categorías
- Ordenar las categorías de mayor a menor indicando el número de veces que se ha producido.
- Calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada categoría, el acumulado se calcula sumando los porcentajes anteriores a la categoría seleccionada.
- Construcción del diagrama en función de los datos obtenidos anteriormente.

Generación del diagrama de Pareto

El diagrama es gráfico que contiene las categorías en el eje horizontal y dos ejes verticales, el de la izquierda con una escala proporcional a la magnitud medida (valor total de los datos) y el de la derecha con una escala porcentual del mismo tamaño.

Se colocan las barras de mayor a menor y de izquierda a derecha, pero poniendo en último lugar la barra correspondiente a otros (aunque no sea la menor).

Se marcan en el gráfico con un punto cada uno de los porcentajes acumulados (los puntos se pueden situar en el centro de cada una de las categorías o en la zona dónde se juntan una con otra) y se unen los puntos mediante líneas rectas.

Se separan (por medio de una línea recta discontinua, por ejemplo) las pocas categorías que contribuyen a la mayor parte del problema. Esto se hará en el punto en el que el porcentaje acumulado sume entre el 70% y el 90% del total (generalmente en este punto la recta sufre un cambio importante de inclinación).

2.2.3.2. Interpretación del diagrama

Algunas veces se suele dar el caso de que no quede clara la frontera entre las pocas categorías importantes y las demás. En estos casos aparece lo que algunos autores denominan como "la zona dudosa", que empieza en la zona en torno al 50% y termina sobre el 80%. Cuando suceda esto, se recomienda no tomar en consideración las categorías de la zona

dudosa y concentrarse en el 50-60% que más contribuye al efecto o problema que se está analizando.

También puede suceder, al representar un diagrama de Pareto, que no aparezcan categorías significativas, sino que todas contribuyen de manera similar al efecto (Pareto plano). Esto suele ser un síntoma de elección inadecuada de los factores de estratificación, ya que el efecto estudiado es el mismo en cualquier factor.

Cuando se utiliza el diagrama de Pareto para la resolución de problemas es conveniente analizar el efecto (problema) bajo diferentes puntos de vista, de manera que los distintos diagramas que resultan pueden orientar sobre prioridades para la solución.

En función de las características del problema y de la dirección que lleve el equipo de trabajo se elegirá una estratificación u otra, aunque se recomienda realizar siempre un diagrama de Pareto de costes, ya que éste es un criterio importante en la mayoría de las organizaciones.

El uso del diagrama de Pareto es continuo e iterativo, ya que una vez solucionados los pocos factores importantes, un nuevo análisis revelará que algunos de los que en el análisis anterior eran menos importantes han pasado a ser vitales.

Todas las herramientas de solución de problemas, permiten encontrar oportunidades de mejora , las cuales repercutirán en mejoras para la empresa .

2.3. El consumo de energía eléctrica en la industria

La energía es un factor determinante para el desarrollo un país, sin energía no podría crecer la industria y el comercio, tampoco sería posible el desarrollo social, superar la pobreza y mejorar la salud. La energía en estos días brinda seguridad, permite acceder a una mejor calidad de vida, ya que permite cumplir al ser humano con sus necesidades básicas (alimentación, educación, salud, economía, entre otros) y también poder hacer uso de los avances tecnológicos, los cuales en su mayoría dependen de energía para su funcionamiento.

La energía es un factor de gran relevancia en el desarrollo económico de un país y cada día se consumen grandes cantidades de energía en todos los ámbitos de la sociedad.

Si se sigue gastando tanta energía como hasta ahora, la demanda energética mundial alcanzará niveles ilimitados, seguirán aumentando los niveles de emisión de CO₂ y esto tendrá un gran impacto medioambiental.

El aumento de la población mundial llevará ligado un aumento del consumo y esto agotará los recursos energéticos afectando también a nuestro clima. Si no se logra el cambio, no se logrará vivir cómodamente, sin proteger al planeta no se podría sobrevivir. ¿De dónde se obtendrá la energía necesaria?

2.3.1. Eficiencia energética.

Eficiencia energética, es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad, la evolución de los mercados y disponibilidad de las fuentes de energía, es por ello que se sobreentiende que necesitamos obtener más con menos. En la industria, en movilidad y en la vivienda, en todas estas áreas la eficiencia energética puede ayudarnos a proteger nuestro clima y es donde más beneficios obtendremos usando la energía de forma más eficiente.

Se entiende por eficiencia energética como aquel conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, mejorando la utilización de la misma, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad de abastecimiento y crear una política energética sostenible. Se trata de utilizar la mejor energía. El objetivo de la eficiencia energética es inducir comportamientos, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía.

Para lograr la eficiencia energética se debe asegurar el suministro energético necesario para cubrir los requerimientos de los usuarios mediante la diversificación de fuentes y la utilización de tecnologías limpias que garanticen la sostenibilidad, tanto medioambiental como económica. Las componentes fundamentales de todas, junto con el impulso a las energías renovables y el ahorro de energía, conforman la eficiencia energética.

En la industria se logra optimizando los procesos industriales, aprovechando mejor el reciclaje de materiales y materias primas, implementando nuevas tecnologías, reciclando los residuos industriales y productos derivados.

En el transporte utilizando de forma más eficiente los vehículos, usando plásticos ligeros en vez de piezas metálicas pesadas, optimizando motores y combustibles para aumentar las prestaciones, mejorando la aerodinámica podemos reducir el consumo de energía a la hora de dar potencia a nuestros vehículos.

En las viviendas: la energía que utilizamos para calentar y enfriar nuestras casas muchas veces se pierde rápidamente, es por ello que podemos solucionarlo optimizando el aislamiento de nuestras casas, instalando aislamientos térmicos, o con ventanas isotérmicas podemos bajar el consumo energético en el hogar.

La combinación de una mejora de la eficiencia energética en estos sectores supondría un gran impacto sobre nuestro consumo de energía y las emisiones de CO₂.

En el sector industrial a lo largo de la historia se han producido avances en muchos ámbitos, uno de ellos es por ejemplo la introducción de la cogeneración.

La cogeneración, un sistema altamente eficiente, es una tecnología mediante la cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica aprovechando el calor residual, partiendo de un único combustible, siendo el más utilizado el gas natural. La ventaja es que tiene una mayor eficiencia energética, debido a que se puede aprovechar tanto el calor como la energía eléctrica en un mismo proceso. Con la cogeneración se aprovecha la energía térmica que se disiparía a la atmosfera y evita tener que volver a generar esta energía con una caldera. Esta energía térmica útil se puede utilizar para calentar agua y darla diferentes usos como pueden ser el agua caliente sanitaria o la calefacción. Además se evita los problemas que pueda generar el calor no aprovechado. Tiene un valor importante el uso de esta tecnología ya que contribuye directamente a tres pilares fundamentales como son el cambio climático, la seguridad de suministro de energía y la competitividad entre empresas.

Entre los grandes beneficios que destacan la eficiencia energética están:

- Competitividad
- Seguridad de suministro
- Reducción de la dependencia energética.
- Reducción de inversiones en infraestructuras.
- Sostenibilidad
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Limitación del daño al medioambiente

2.3.2. Ahorro energético

El ahorro energético es la reducción del consumo de energía disminuyendo el servicio o utilidad proporcionada, sin alterar la eficiencia energética.

Un ejemplo de ahorro energético en el sector industrial es la utilización de variadores de velocidad en los procesos productivos. Cuando un equipo es accionado mediante un variador de velocidad, utiliza menos energía eléctrica que si el equipo fuera activado a una velocidad constante, ya que no utiliza más energía de la necesaria. Se puede regular la velocidad en función de las necesidades. Cintas transportadoras, bombas y compresores son ejemplos de ello.

2.3.3. Indicadores energéticos

Los indicadores energéticos son ratios técnico-económicos, usados a niveles finales de consumo de energía, que relacionan el consumo de energía con un indicador de actividad físico.

Se puede realizar un análisis de los impactos producidos sobre el sistema energético por las medidas políticas y las estrategias puestas en marcha. Esto se hace comparando los valores actuales de la eficiencia energética con los datos de años anteriores y analizando cuáles son las tendencias a largo plazo. La eficiencia varía mucho dependiendo del escenario, esto se debe principalmente al tipo de tecnología empleada y al impacto de otros factores, como la calidad de combustible, las condiciones climatológicas, etc.

Es por ello que se requiere disponer de indicadores, diseñados para seguir los cambios de la eficiencia energética, basados en datos estadísticos fiables sobre balances energéticos, y recogidos y analizados con una misma metodología para que sea posible realizar comparaciones con otros países.

2.3.4. Intensidad Energética

La intensidad energética es un concepto que permite describir la relación entre la energía utilizada y el servicio producido. La intensidad se utiliza para medir y evaluar la eficiencia aunque son inversamente proporcionales: cuanto menos energía se utiliza para un servicio, mayor será la eficiencia, por lo que la disminución de la intensidad energética implica mayor eficiencia. A la hora de medir las variaciones a lo largo del tiempo del uso de la energía, hay que tener en cuenta no solo la eficiencia, sino otros efectos que influyen en los consumos como son el clima, los cambios de actividad del sector, etc.

Los indicadores de eficiencia energética se pueden clasificar en económicos y técnico económicos.

Los indicadores económicos miden la relación entre el consumo de energía respecto a una variable de actividad económica, como el Producto Interior Bruto (PIB), valor añadido, etc. y tienen un alto nivel de agregación. Esto quiere decir, que se utilizan contando la totalidad de una economía o sector, a ese nivel no es posible presentar la actividad utilizando indicadores técnicos o físicos.

Se expresan como intensidades energéticas y se definen como la relación entre el consumo de energía, primaria o final, medido en unidades de energía y el indicador de actividad económica medido en unidades monetarias. Para poder hacer comparaciones entre países con diferentes economías se suelen convertir los precios a la misma moneda en un año determinado. Un ejemplo de estos indicadores para el sector industrial, es el del consumo de energía por valor agregado de los bienes producidos para todas las ramas industriales (Minería y Extracción, Alimentos, Bebidas y Tabaco, Papel y Productos de Papel; Productos Químicos, Otros Productos no Metálicos, Metales básicos, y Otras industrias).

Los indicadores técnico-económicos miden la relación existente entre los consumos energéticos respecto a indicadores de actividad medidos en términos físicos, como toneladas de acero producido, kilómetros recorridos, etc.

Para permitir una comparación significativa de la eficiencia energética entre países, es necesario que estos indicadores se basen en definiciones comunes; en particular, es necesario que la definición de consumo energético sea la misma para todos los países. Es por esto que se han desarrollado metodologías para la recopilación y análisis de los datos, entre las diferentes agencias nacionales de cada país.

2.3.5. Demanda energética.

La demanda energética es la cantidad de energía, primaria o final, consumida. En el caso de la energía primaria se compone de la suma de los consumos de las fuentes primarias (petróleo, carbón, gas natural, energía nuclear, renovables, entre otras), mientras que en el caso de la energía final se trata de la suma de las energías consumidas en los diferentes sectores de la economía (transporte, industria, servicios).

La gestión de la demanda energética es uno de los aspectos fundamentales de la política energética de un país.

Es importante la reducción de la demanda energética ya que hace que los países puedan avanzar hacia los objetivos de reducción del impacto ambiental, reducir sus costes de aprovisionamiento de energía, y se produzca un crecimiento de la seguridad energética, de la forma más económica posible, reduciendo el gasto.

La reducción de la demanda energética puede conseguirse de dos maneras:

- 1) Reduciendo las actividades consumidoras de energía.
- 2) Aumentando la eficiencia en el uso de la energía

Este segundo caso es el que se suele considerar más deseable por los gobiernos, ya que no tiene connotaciones negativas, no viéndose reducidos el bienestar de los ciudadanos o la actividad económica. En cambio puede tener el problema de que las ganancias de eficiencia se

queden simplemente en mejoras relativas, sin llegar a una reducción en términos absolutos de la demanda. Un ejemplo de mejoras relativas se da en el sector industrial, cuando la mejora de la eficiencia energética se debe a la sustitución de combustibles fósiles por electricidad. Con esto mejora la intensidad energética dentro del sector industrial, pero en cambio empeora la intensidad energética del sector eléctrico.

2.3.5.1. Índice de Eficiencia Energética

El índice de eficiencia energética puede ser definido por una evaluación de cuatro factores analizados, que determinan la eficiencia en el uso de energía.

- **Cultura Energética**, es el nivel de análisis de información existente en la organización, la formación interna, la política en el ámbito de eficiencia energética. Fundamentalmente, si mide el nivel de sensibilidad de una empresa hacia temas relacionados con la eficiencia energética. En concreto valora la formación, la información y el grado de compromiso con temas de Energía.
- **Mantenimiento**, es el nivel de sensibilidad para mantenimiento de los equipos utilizados, con objeto de alcanzar el óptimo rendimiento desde el punto de vista de eficiencia energética.

Para lograr alcanzar una máxima eficiencia energética en la empresa, se necesita que todos los equipos, desde el foco más pequeño hasta el equipo más complicado, funcionen de una manera eficiente. Esto se lograra si se les realiza el correcto mantenimiento, corrigiendo averías u optimizando bajos rendimientos.

- **Control Energético**, es el nivel de gestión de gasto energético el cual aplica metodologías de medición de los procesos para evaluación de la eficiencia.

Además, mide el grado de acercamiento que tienen las empresas sobre una serie de datos acerca de cuánto, cómo, dónde y por qué se produce el gasto energético/económico en cada uno de los equipos o procesos consumidores de energía. Conocer esos datos infieren en conocer las posibles oportunidades de mejora en el ámbito de la eficiencia energética y por tanto donde aplicar esfuerzos.

- Innovación Tecnológica, es el nivel de actualización de la empresa, los cuales son medios técnicos aplicados en el proceso productivo, instalaciones o servicios generales.

Los avances tecnológicos, implican mejorar la eficiencia ya que suponen maneras de mejorar rendimientos con el fin de conseguir costos de producción.

La innovación se relaciona con el grado de actualización de los medios técnicos aplicados en las instalaciones de la empresa , tanto en producción como en servicios.

2.3.6. Consumo de energía eléctrica en la cervecería

La energía es uno de los factores determinantes para el crecimiento y competitividad de las empresas.

Los consumos energéticos relacionados con el proceso de elaboración de la cerveza, se producen en forma de calor , agua , vapor , agua caliente y electricidad.

En las industrias del sector, la energía representa aproximadamente el 5% . Ese consumo se reparte generalmente en 60% Energía Térmica y 40% Energía Eléctrica.

La fase en la que se da mayor consumo de energía térmica es en la preparación de mosto , mientras que el mayor consumo de energía eléctrica se produce en el área de servicios industriales.

La capacidad de producción de una fábrica de la industria cervecera influye mucho en el consumo de energía, siendo mayores los costos mayores en las plantas más pequeñas ya que su capacidad de producción no les permite justificar los costos por consumos.

2.3.7. Variables de control del consumo de energía

2.3.7.1. El indicador de Energía

Es un ratio técnico el cual es resultado de la relación del consumo eléctrico en KWH y los hectolitros envasados, variará mucho con el diseño del sistema, la temperatura ambiente del agua, las condiciones ambientales pérdidas de temperatura y humedad, elaboración de la cerveza de alta gravedad, de aislamiento y de distribución sobre todo ambientales.

2.3.7.2. COP

El COP es la relación existente entre la cantidad de refrigeración proporcionada y la cantidad de energía consumida para generar el enfriamiento.

El COP se calcula como:

$$\text{COP} = \frac{\text{Efecto Refrigerante (kW)}}{\text{Poder de absorción (kW)}}$$

El COP puede ser referido al COP del Compresor COP que sólo se relaciona con la potencia del compresor, o el COP del Sistema que relacionan toda la energía consumida por la planta de refrigeración.

El COP del sistema es el más importante y que se tiene que medir, sin embargo, es difícil, costosa y complicada su medición. Es por ello que la medición y el cálculo se realizan en base al COP del compresor.

El COP está determinado por los siguientes factores:

- La presión de descarga del compresor , la cual es mejor al ser menor .
- La presión de succión del compresor , la cual es mejor al ser mayor .
- El tipo de refrigerante
- Configuración del circuito / sistema (la entrada de aire y agua, un mal diseño de la tubería)

Un COP compresor objetivo de 4,6 o superior debe ser diseñado alrededor de cualquier circuito de la cervecería "baja temperatura" y 5,75 o superior para cualquier circuito de "alta temperatura".

El cálculo aproximado del COP mediante el ciclo de Carnot es :

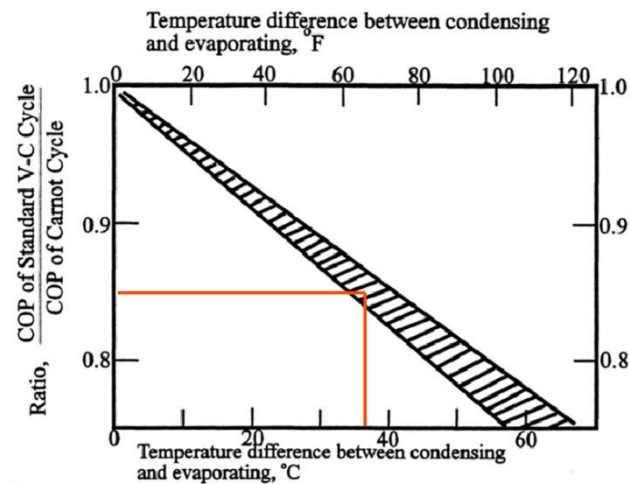


Figura 2 : Gráfico del COP

$$COP_{car} = T_{evap} / (T_{cond} - T_{evap})$$

Forexample: $T_{evap} = -7\text{ C}$ & $T_{cond} = 30\text{ C}$

$$COP_{car} = 266,15/37$$

$$COP_{car} = 7,19$$

COP of standard vapour compression cycle

$$COP_{st} = \text{Ratio} * COP_{car}$$

Ratio from chart ~ 0,85

$$COP_{st} = 0,85 * 7,19 = 6,11$$

2.4. Teoría del Sistema de Refrigeración

2.4.1. Introducción al Sistema de Refrigeración

Describir el concepto de refrigeración implica el uso del término calor, y para que algo se ponga “frío” lo que hacemos es extraerle calor, siendo allí donde las leyes de la termodinámica muestran su aplicación.

La putrefacción de los alimentos se debe al desarrollo de microbios que sólo pueden propagarse a temperaturas cálidas. Sin embargo a temperaturas iguales o menores a 4°C dichos microbios no se desarrollan, siendo la principal razón del mayor uso de refrigeración en la conservación de alimentos.

Sin embargo, en la cervecería se utiliza la refrigeración para mantener la cerveza en reposo a una temperatura baja (varía según el proceso) de acuerdo a las normas de elaboración

2.4.2. Bases conceptuales

- Temperatura

Es una magnitud física que indica la intensidad o grado de calor de un cuerpo o sustancia.

- Calor

Es energía, la cual es generada por el movimiento molecular en la materia, la cual se transfiere al existir diferencia de temperaturas.

- Frio

Es un término relativo que describe el nivel bajo de energía o temperatura, de un objeto o área en comparación con un nivel de energía o temperatura conocido. Un ejemplo de lo relativo es que una persona que viviera en el Ártico diría que un ambiente que esté a una temperatura de 15°C es caliente, pero para una persona en el Ecuador sería fría.

2.4.3. Nociones de Termodinámica

2.4.3.1. ¿Qué es la Termodinámica?

Es la ciencia que explica cómo trabajan las cosas, el por qué algunas no trabajan y la razón por la que otras sencillamente no pueden trabajar; desde un punto de vista energético.

Científicamente la termodinámica se usa para predecir y relacionar las propiedades de la materia.

Es parte principal de la ingeniería que se usa para diseñar bombas de calor, plantas generadoras de energía, equipos para aire acondicionado, etc.

2.4.3.2. Primera Ley Termodinámica.

Llamada también ley de la conservación de la energía, esta ley establece que la cantidad de energía en cualquier sistema termodinámico es constante, es decir, la energía no se crea ni se destruye, aunque sí puede transformarse de una forma a otra. Por ejemplo la energía eléctrica es convertida en energía térmica en una termo y en energía mecánica en motores eléctricos.

2.4.3.3. El Calor

Es una forma de energía y como tal puede ser convertida a otras formas de energía, lo mismo que otras formas de energía pueden ser convertidas en calor. Termodinámicamente se define como energía en tránsito, que fluye espontáneamente de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperaturas entre dos cuerpos.

La cantidad de calor que se encuentra en un cuerpo es el contenido energético que posee este cuerpo en forma de energía cinética o potencial de las moléculas que lo constituyen.

2.4.3.4. Estados de la Materia

La materia puede existir en tres diferentes fases de estado:

Como un sólido, como un líquido, o como un gas. Por ejemplo, el agua es un líquido, pero esta misma sustancia puede existir como hielo, que es un sólido, o como vapor, el cual es un gas.

Hay transformaciones físicas en las que al dar calor a una sustancia, esta no aumenta de temperatura. Estas transformaciones son los cambios de estado.

Muchos materiales bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, pueden existir en cualquier y en los tres estados físicos de la materia.

En otras palabras, el agregar o quitar energía puede conducir a un cambio en el estado físico del material, así como también a un cambio en su temperatura.

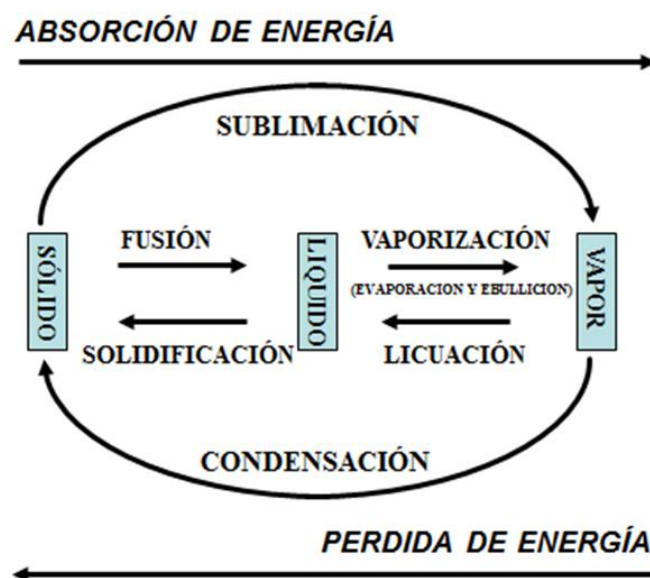


Figura 3: Diagrama de los cambio de estado de la energía

2.4.3.5. Transferencia De Calor

La transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja (de un cuerpo caliente a un cuerpo frío) y nunca en dirección opuesta. Cuando un cuerpo está en equilibrio térmico (es decir a la misma temperatura) con sus alrededores, no habrá transferencia de calor entre el cuerpo y sus alrededores.

La trasferencia de calor ocurre de 3 maneras:

- Por Conducción.

- Por Convección.
 - Por Radiación.
- a. Conducción.- La transferencia de calor por conducción, ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre las moléculas de un cuerpo simple o entre las moléculas de dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos.
La capacidad de un material para conducir calor es conocida como conductividad térmica, la cual varía mucho de un material a otro.
 - b. Convección.- Este tipo de transferencia ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye. La razón de estas corrientes es simple; el fluido caliente se dilata, por lo que pierde densidad y asciende, siendo reemplazado por fluido frío, más denso, que desciende.
 - c. Radiación.- La transmisión de calor por radiación ocurre sin intervención de partículas materiales que transporten el calor, ya que tienen lugar mediante ondas electromagnéticas y, por lo tanto, puede realizarse incluso en el vacío. A la energía térmica transmitida por movimiento de ondas se le llama energía radiante.

Todos los materiales dan y absorben calor en forma de energía radiante. En cualquier tiempo en que la temperatura de un cuerpo sea mayor que la temperatura de sus alrededores éste emitirá más calor por radiación que la que absorbe. Cuando la temperatura del cuerpo es menor que la de sus alrededores; éste absorbe más energía radiante de la que pierde.

SUSTANCIA	CALOR ESPECIFICO
Agua líquida	1 cal/g · °C
Hielo	0.5 cal/g · °C
Plomo	0.031 cal/g · °C
Hierro	0.113 cal/g · °C
Cobre	0.094 cal/g · °C
Aluminio	0.219 cal/g · °C
Cinc	0.094 cal/g · °C
Mercurio	0.033 cal/g · °C
Plata	0.056 cal/g · °C

Tabla N° 1 : Tabla de Calores específicos dependiendo de la sustancia

Fuente: Elaboración Propia

$$Q = m \times c \times (T_2 - T_1)$$

Dónde:

Q = cantidad de energía térmica.

C = calor específico.

T_1 = temperatura inicial.

T_2 = temperatura final.

2.4.3.6. Calor Sensible

Es la energía térmica que produce un cambio en la temperatura de una sustancia.

La cantidad total de energía necesaria para aumentar la temperatura de un sólido desde la condición inicial de cero absoluto hasta la temperatura de fusión se conoce como calor sensible del sólido.

De manera similar, la cantidad de energía suministrada a un líquido para aumentar su temperatura desde la temperatura de fusión hasta la temperatura de vaporización se conoce como calor sensible del líquido.

2.4.3.7. Calor Latente

Toda energía térmica aplicada o extraída a una sustancia que produce un cambio en la fase de la misma se llama calor latente.

Calor latente de fusión, viene a ser la cantidad de energía necesaria para producir el cambio entre las fases sólido y líquido.

Calor latente de vaporización, es la energía necesaria para producir un cambio entre las fases líquidas y de vapor.

La temperatura a la cual una sustancia cambia de la fase líquida a la fase de vapor o, a la inversa, de la fase de vapor a la fase líquida, se le llama temperatura de saturación.

2.4.3.8. Sistema Termodinámico

Un sistema termodinámico es cualquier región en el espacio, limitado por fronteras reales o imaginarias, seleccionado para fines de estudio de la energía y sus transformaciones. Las

fronteras de un sistema pueden ser fijas o elásticas. El espacio exterior adyacente a los límites del sistema se les conoce como alrededores.

El sistema puede ser cerrado o abierto. En un sistema cerrado, solo la energía cruza las fronteras del sistema, mientras que en un sistema abierto, tanto la energía como la masa son intercambiadas entre el sistema y los alrededores.

El estado de un sistema termodinámico es definido por las propiedades físicas del sistema tales como temperatura, presión, volumen, entalpía y entropía.

2.4.3.9. Proceso Termodinámico

Cuando un sistema cambia de un estado a otro, se dice que está sujeto a un proceso. Los procesos termodinámicos pueden ser reversibles o irreversibles.

Un proceso reversible es aquél que en teoría es en su totalidad reversible, en el sentido de que puede regresar en su trayectoria hasta el punto exacto de inicio del proceso, y por ende regresar tanto el sistema como los alrededores a sus condiciones iniciales.

Termodinámicamente todos los procesos son irreversibles, aunque algunos se aproximan lo suficiente a un proceso reversible ideal.

2.4.3.10. Segunda Ley de Termodinámica

Es imposible que se efectúe cualquier cambio o serie de cambios cuyo resultado único sea la transmisión de energía en forma de calor desde una temperatura baja a otra alta; en otras palabras el calor no puede pasar por sí mismo de temperaturas bajas a temperaturas altas.

2.4.3.11. Diagramas de Ciclos y sus Aplicaciones

El cambio de estado de una sustancia puede ilustrarse gráficamente tomando dos cualquiera de las variables P , V , T , S , U y H , como coordenadas independientes y trazando una curva que represente los valores sucesivos de estas dos variables a medida que se verifique el cambio. Estas gráficas o diagramas son muy útiles en estudios referentes a la Termodinámica pues nos muestran relaciones de fase y tienen importancia en el análisis de los ciclos.

Aunque puede escogerse cualquier par, hay tres sistemas de representación gráfica que son particularmente útiles.

1. P y V: el área bajo la curva representa el trabajo realizado por el gas.

2. T y S: el área bajo la curva representa el calor absorbido por la sustancia de fuentes externas.

3. H y S: representación gráfica ideada por el Dr. Mollier, es especialmente útil para el análisis de movimientos de fluidos y su estrangulamiento.

2.4.4. Refrigeración

Es un proceso por el que se reduce y mantiene la temperatura de un espacio determinado u objeto en específico (la temperatura es menor a la temperatura del ambiente). La temperatura es el reflejo de la cantidad o nivel de energía que posee un cuerpo, los cuerpos solo tienen menos o más energía interna, es por ello que se considera que el frío propiamente no existe.

La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

Para obtener la reducción de temperatura se extrae la energía del cuerpo, generalmente es reduciendo la energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura del cuerpo. La refrigeración implica transferir la energía de un cuerpo a otro, de manera que uno enfríe a otro haciendo uso de sus propiedades termodinámicas, es decir enfriar es retirar calor.

En la refrigeración mecánica se obtiene un enfriamiento constante mediante la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado, donde se evapora y se vuelve a condensar en un ciclo continuo. Si no existen pérdidas, el refrigerante sirve para toda la vida útil del sistema. Todo lo que se necesita para mantener el enfriamiento es un suministro continuo de energía y un método para disipar el calor. Los dos tipos principales de sistemas mecánicos de refrigeración son el sistema de compresión y el sistema de absorción.

2.4.5. Refrigerante

Es un fluido empleado para transmitir calor en un sistema de refrigeración. Absorbe calor por evaporación a baja presión y temperatura (espacio refrigerado) y lo cede condensándose a presión y temperatura más elevada.

Como la refrigeración mecánica se basa en la evaporación y la subsecuente condensación del refrigerante, éste debe poseer tales características físicas para que se pueda repetir en ellas la transformación de líquido en gas y de gas en líquido.

Al seleccionar un refrigerante debemos tener en cuenta también las propiedades termodinámicas, químicas, de seguridad, económicas, etc.

Existen varios tipos de refrigerantes los cuales se pueden clasificar en primarios o secundarios. Entre los más comunes se tiene a los halogenados como el freo R-22 y el amoníaco, el cual es el más utilizado en los sistemas de Refrigeración de las cervecerías.

2.4.5.1. Propiedades del Refrigerante

Para obtener una buena refrigeración desde el punto de vista comercial, todo refrigerante debe reunir en mayor o menor grado las siguientes propiedades:

- El calor latente de evaporación debe ser lo suficientemente alto para que la circulación de una cantidad mínima de refrigerante logre el resultado deseado.
- El punto de ebullición debe ser lo necesariamente bajo para que permita alcanzar fácilmente la temperatura de servicio.
- La temperatura y presión de condensación. Para temperaturas similares la presión de condensación tiene variaciones grandes, que en un momento dado son definitivos para la selección de un refrigerante.
- La temperatura y presión crítica deben ser muy altos, para no interferir con la condensación.

- El punto de congelación del refrigerante debe ser bastante menor que la más baja temperatura obtenida en el evaporador
- La estabilidad química y efecto de la humedad que debe poseer el refrigerante debe ser tal que los continuos cambios de presión y temperatura no afecten sus propiedades y le permitan resistir cualquier descomposición química ocasionada por contaminación con el aire, el aceite o el agua.
- La relación refrigerante-aceite. El refrigerante y el aceite deben ser compatibles química y físicamente. El refrigerante ideal permanece químicamente estable en presencia del aceite lubricante y no influye en las características químicas del lubricante.
- Toxicidad. El grado de toxicidad de los fluidos varía de uno a otro y depende de sus características y el tiempo de exposición.
- Inflamabilidad. Desde el punto de vista de seguridad, un refrigerante no debe ser inflamable ni explosivo. Las fugas pueden causar una concentración crítica y originar incendios o explosiones.
- Detección de fugas. Debe considerarse la mayor capacidad de algunos refrigerantes para fugarse que otros, y las características que deben tener para poder detectar una fuga.
- El costo debe ser analizado desde un punto de vista integral que incluya la eficiencia térmica.

2.4.5.2. Tipos de Refrigerantes

- a. Amoníaco (NH_3): es el refrigerante más usado por sus características físicas y térmicas, es muy eficiente y económico. Tiene muy alto efecto de refrigeración. En presencia de agua, ataca metales no ferrosos.
- b. Bióxido de Carbono (CO_2) es excelente para muy bajas temperaturas. Bajo presión atmosférica el hielo seco (CO_2 sólido) se sublima. Químicamente estable, es inmiscible con aceite. Su efecto de refrigeración es bajo.

- c. Anhídrido Sulfuroso (SO_2). No afecta la viscosidad del aceite. Combinado con aceite produce lodo que obstruye los conductos. Tiene bajo efecto de refrigeración. Con humedad forma ácidos muy corrosivos.
- a. Grupo de hidrocarburos. Son incoloros, derivados del petróleo y gas natural. No atacan los metales, son miscibles con aceite. Muy poco usados, mezclados con aire son inflamables y explosivos. Ejemplo: Metano, eteno, etano, propeno, etc.
 - b. Grupo Halogenado
 - Familia de los hidrocarburos clorados: Son compuestos de los elementos: carbón, hidrógeno y cloro. Los más usados son el clorometano y diclorometano.
 - Familia de los hidrocarburos fluorados: Estos compuestos son el resultado de un esfuerzo para llegar a tener buenos refrigerantes y cubren un rango desde temperaturas ultrabajas hasta las altas. Los más usados son Freón 12, Freón 22, Freón 114, etc.
 - c. Refrigerantes misceláneos : Los más importantes son el agua y el aire, los que son usados dentro de sus límites de temperaturas.

Debemos señalar que algunos productos como por ejemplo los compuestos clorofluorocarbonados que han sido usados durante muchos años, están dejando de ser producidos comercialmente debido al daño que originan a la capa de ozono.

En su reemplazo se vienen desarrollando refrigerantes ecológicos, que son los compuestos hidroclorofluorocarbono (HCFC) e hidrofurocarbono (HCF), dentro de los cuales se encuentra a nivel comercial la marca SUVA.

2.4.5.3. Clasificación de los Refrigerantes

Los refrigerantes pueden ser clasificados en :

- Refrigerantes primarios

Son aquellos en los que el transporte de calor se realiza con una sola sustancia química , la cual se evapora a una baja temperatura.

- Refrigerantes secundarios

Son aquellos se disponen de dos sustancias químicas diferentes para lograr el transporte de calor , es decir , necesitan un refrigerante primario el cual se evapora y enfría al refrigerante secundario el cual es enfriado sin cambiar de fase por el primario , transportando el efecto del refrigerante al sistema principal y luego distribuirlo a los ambientes u objetos que necesitan ser refrigerados.

2.4.5.4. Características del Refrigerante Primario

El refrigerante primario debe cumplir con condiciones físicas y químicas que permitan dar el grado de eficiencia y seguridad al sistema de refrigeración. Entre las características que tiene están:

- Presión de Evaporación mayor que la presión atmosféricas, bajo la premisa que la presión de condensación y la atmosférica sean relativamente más bajas: Ésta característica responde a que entre menor sea la presión de trabajo, menor dimensión tendrán los equipos y las tuberías, existirá menor consumo de energía y menor peligro en la operación ya que al ser esta presión menor que la atmosférica, hace que esta sea más fácil de detectar la fuga del refrigerante.
- Alta densidad: Al tener una densidad alta permite que el volumen específico sea bajo , permitiendo que en la fase gaseosa los equipos no demanden demasiado espacio.
- Temperatura de congelación baja: Tener un punto o temperatura de congelación baja , permite que el refrigerante no se solidifique en la operación .
- Calor latente de evaporación alto: Esta característica permite que exista un ,mayor efecto de enfriamiento por unidad de masa de refrigerante que circula .
- Condiciones críticas altas: La presión y temperatura deben ser altas, estas condiciones críticas permiten que el líquido no se pueda evaporar o condensar, ya que ningún líquido se evaporará o condensará a temperaturas mayores que la temperatura crítica.
- Viscosidad: La viscosidad debe ser baja, ya que de esta manera se evitan grandes pérdidas de energía por fricción en la circulación del fluido.

- De fácil percepción: EL refrigerante debe ser detectable, para que así pueda comprobar cualquier fuga en el sistema.
- Finalmente deber ser químicamente estable a las condiciones de operación del sistema y su costo debe ser bajo, ya que su participación dentro del sistema es primordial, evitando exceder los costos de funcionamiento del sistema.

2.4.6. El amoníaco como refrigerante

El amoníaco es tipo de refrigerante primario, su aparición remota hace muchos años atrás lo cual lo convierte en uno más antiguos y más conocidos, además es una alternativa económica para sistemas industriales y es el que tiene mayor capacidad de enfriamiento por unidad de masa en comparación con todos los refrigerantes comerciales debido a su alto calor latente de evaporación.

2.4.6.1. Características el amoníaco

Entre las características que lo favorecen como refrigerante están :

Su temperatura crítica es 133°C , lo cual permite que se condense a Presión Atmosférica.

El amoníaco es un solvente poderoso ya que permite remover humedad y escamas de las tuberías, válvulas y demás accesorios de las instalaciones .

Es toxico por ello se debe evitar poner en contacto con el cobre y con sellos de aleaciones de cobre; es por ello que no debe ser ventilado en áreas cerradas , o en áreas inflamables, ya que en su forma de gas tiene mayor límite de explosividad la cual oscila entre 16% y 25% por volumen de aire ; además en forma líquida produce quemaduras al contacto directo con la piel llegando a producir ceguera parcial o total al entrar en contacto directo con los ojos.

No es miscible con aceite , es decir que se mezcla muy poco con el aceite, lubricante del compresor y por esto el aceite arrastrado por el amoníaco es fácil de separar, esto se debe a la diferencia de densidad que existe en el separador de aceite , en el cual el amoníaco flota sobre la capa de aceite , que por ser más pesado va hacia el fondo del recipiente. .

Tiene un volumen específico alto en fase gaseosa , lo cual permite su uso en compresores centrífugos .

2.4.6.2. Propiedades del Amoniaco

- Temperatura de congelación (108°C)
- Temperatura Crítica (271.4°F)
- Presión Crítica 1657 lbf/pulg²
- Volumen específico crítico (0,068 pie³/lbm)

2.4.7. Ciclo Teórico de Refrigeración

A medida que el refrigerante circula a través del sistema, éste pasa por un número de cambios en su estado o condición, cada uno de los cuales es llamado proceso. El refrigerante empieza en una condición inicial, pasa a través de una serie de procesos en una secuencia definida y regresa a su condición inicial. Esta serie de procesos es llamada ciclo.

El ciclo teórico de refrigeración simple consta de 4 procesos fundamentales, los cuales se mostraran en el siguiente diagrama.

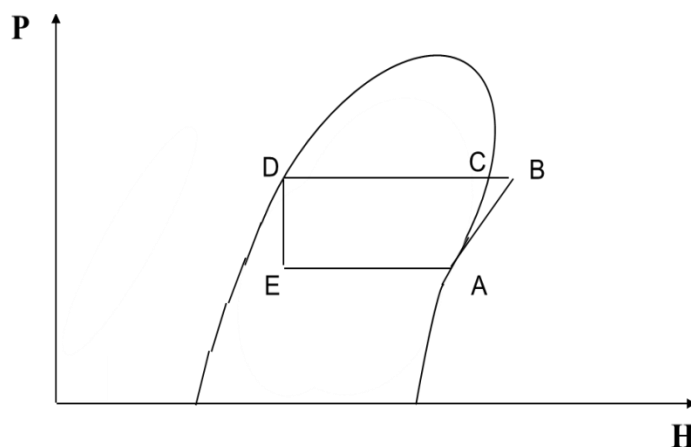


Figura 4 : Diagrama del ciclo básico de compresión en el sistema de refrigeración

1) Compresión (de A a B) se efectúa en el compresor, incrementando la presión del vapor hasta sobrecalentarlo.

2) Condensación (de B a C y C a D) : ambas se llevan a cabo en el condensador.

La etapa B-C es el enfriamiento del vapor sobrecalentado.

La etapa C-D es la condensación del vapor saturado.

3) Expansión (de D a E) sucede en la válvula de control del refrigerante, cuando la presión del líquido es reducida, disminuyendo también la Temperatura del refrigerante.

4) Vaporización (de E a A): Se cumple en el evaporador. A medida que el refrigerante fluye a través del evaporador y absorbe calor del espacio refrigerado.

2.4.8. Componentes de un Sistema de Refrigeración

Un sistema de refrigeración está compuesto por cuatro componentes básicos , los cuales son:

El compresor: Recibe el refrigerante en forma de gas que proviene del evaporador y lo transporta al condensador aumentando su presión y temperatura.

El condensador: Recibe los gases provenientes del compresor y los pone en contacto con un medio condensante para licuarlo.

La válvula de expansión: Este elemento se encuentra cerca al evaporador y su función es controlar el paso del refrigerante y separar la parte de alta presión de la parte de baja presión.

El evaporador: Tiene como función producir el intercambio térmico entre el refrigerante y el medio a enfriar.

A continuación se muestra el circuito que forman estos 4 componentes.

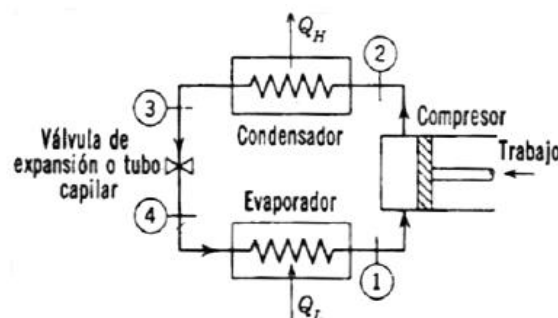


Figura 5 : Componentes del ciclo de refrigeración por compresión

Además el ciclo comprende 2 presiones, una de descarga y otra de succión, las cuales permiten desarrollar un proceso continuo para producir un efecto de enfriamiento.

2.4.9. Presión de Succión

Es la presión existente entre el evaporador y la entrada del compresor, esta presión se encarga de fijar la capacidad del sistema.

2.4.10. Presión de Descarga

Es la presión existente entre la descarga del compresor y condensador.

En el ciclo ideal por compresión, el refrigerante ingresa a compresor como vapor saturado y se comprime isentropicamente hasta la presión del condensador, es en esta parte del proceso, de compresión isentropica , en cual la temperatura del refrigerante aumenta hasta un valor muy superior al de la temperatura del medio por el que está pasando. Después el refrigerante entra al condensador como vapor sobrecalentado y sale como liquido saturado, como resultado del rechazo de calor que le ha hecho a sus alrededores. La temperatura del refrigerante en ese estado es mayor.

El refrigerante obtenido como liquido saturado pasa a la válvula de expansión, la cual es la encargada de hacer llegar la presión a la presión del evaporador , en este paso la temperatura del refrigerante desciende por debajo a la temperatura del espacio refrigerado . Luego el refrigerante entra al evaporador como una mezcla liquido- vapor absorbiendo el calor del espacio a refrigerarse. Finalmente el refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor cumpliendo otra vez el ciclo.

2.4.11. Ciclos Reales de Refrigeración por compresión

Los ciclos reales adecuan estas condiciones pero son restringidas por la irreversibilidad de los equipos que conforman el sistema, la irreversibilidad es provocada por fricción del fluido (la cual genera que se den las caídas de la presión) y la transferencia de calor hacia los alrededores.

El proceso de compresión ideal es internamente adiabático y reversible, en consecuencia isentrópico. Pero en realidad el proceso de compresión incluye la fricción entre el refrigerante y el equipo, lo cual incrementa la entropía y la transferencia de calor.

Al salir del compresor el refrigerante sale como líquido saturado a la presión de salida del compresor, esta condición en realidad no ocurre debido a que la condensación es difícil de controlar y que el condensador recibe una caída de presión inevitable como consecuencia de la fricción fluido-tubería, por otro lado también existen pérdidas existentes en las líneas que conectan al condensador con la válvula de estrangulamiento.

El refrigerante sale del evaporador y no entra al compresor como vapor saturado, el principal responsable de que esta condición no se llegue a dar es la transferencia de calor a los alrededores del refrigerante. Además, se produce una caída de presión a la salida del evaporador hasta la entrada del compresor, debido a la fricción del fluido con la tubería.

2.4.12. Descripción de un sistema de refrigeración

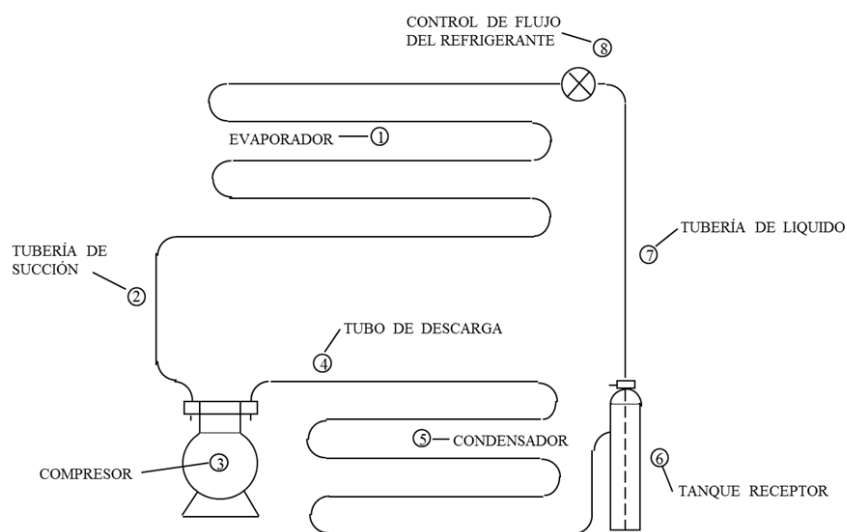


Figura 6 : Diagrama del sistema típico de refrigeración

- Evaporador, cuya función es proporcionar una superficie para transferencia de calor a través del cual puede pasar calor del espacio o producto refrigerado hacia el refrigerante.
- 2. Tubo de Succión, en el cual se transporta el vapor de baja presión desde el evaporador hasta la entrada en la succión del compresor.
- Compresor, cuya función es eliminar el vapor del evaporador, elevar la temperatura y presión del vapor hasta un punto tal que el vapor pueda ser condensado a través de un medio condensante.
- Tubo De Descarga, el cual entrega el vapor de presión alta y temperatura alta desde la descarga del compresor hasta el condensador.
- Condensador, cuyo propósito es proporcionar una superficie de transferencia de calor a través del cual pasará calor del vapor refrigerante caliente hacia el medio condensante.
- Tanque Receptor, el cual proporciona almacenamiento al líquido condensado, de tal modo que el suministro constante de líquido este disponible a las necesidades del evaporador.
- Tubería de Líquido, la cual conduce el refrigerante líquido desde el deposito hasta el control de flujo del refrigerante.
- Control de Flujo del Refrigerante, cuya función es medir la cantidad apropiada de refrigerante usado en el evaporador y reducir la presión (igual que la temperatura) del líquido que llega al evaporador de tal modo que la vaporización del líquido en el evaporador se efectúa a la temperatura deseada.
- En el siguiente capítulo se describirá el funcionamiento del sistema de refrigeración real de la empresa.

Capitulo III. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1. La Empresa

“Empresa Cervecera” es una de las industrias más sólidas del sector manufacturero privado de Perú dedicada al área de bebidas, gaseosas, transporte, proyección social entre otras actividades económicas.

El corebusiness de Empresa Cervecera es la producción y comercialización de la cerveza y gaseosas (entre las cuales se considera el agua mineral) . El área de bebidas es líder en el mercado de cervezas de Perú, manteniendo un 98% de participación en el mercado nacional.

La empresa está conformada por 7 plantas cerveceras , las cuales están distribuidas en 5 puntos estratégicos a lo largo de todo el Perú ,los cuales a su vez cuentan con experimentados maestros cerveceros , modernas instalaciones y una tecnología muy avanzada .

El planeamiento estratégico, la innovación y la excelencia en la elaboración del producto son parte de las características que la describen como empresa.

En el negocio de cervezas y bebidas gaseosas de la líder en el rubro es la Planta Ate debido a la mayor capacidad instalada que tiene, la cual es de 6.1 millones de HI al año representando la mayor parte del mercado local de cervezas. En el ámbito internacional se ubica en el 5to puesto del Ranking compitiendo con las demás subsidiarias de la trasnacional.

3.1.1. Misión de la Planta

“Exceder las expectativas de nuestros consumidores elaborando bebidas de alta calidad y óptimo costo mediante la innovación continua de procesos, el desarrollo de su gente y la protección del medio ambiente y la comunidad donde operamos.”

3.1.2. Visión de la Planta

“Ser la operación de Manufactura más reconocida a nivel mundial por la calidad de productos, la excelencia en los procesos y costos de producción, basada en su constante innovación tecnológica.

3.1.3. Proceso de Elaboración de la Cerveza

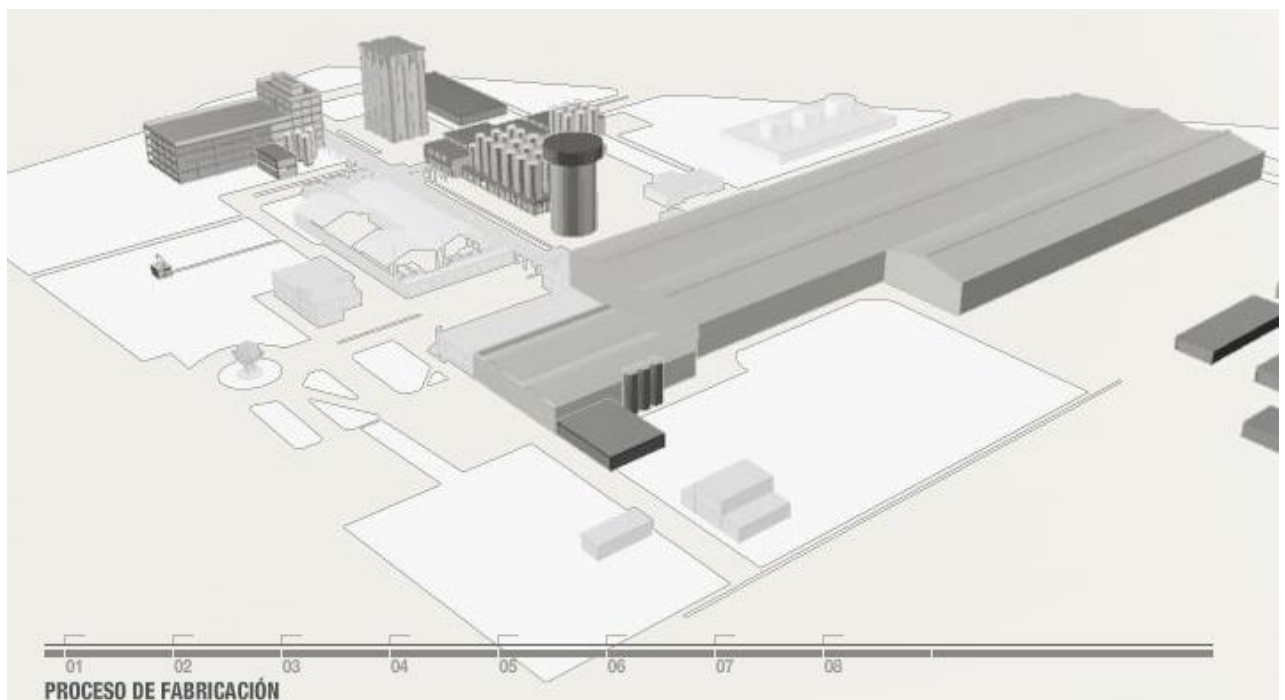


Imagen 1 : Perspectiva en 3D de la Planta

3.2. El Proceso

El proceso de elaboración de la Cerveza está constituido por las siguientes etapas las cuales son:

- Materia Prima
- Tratamiento de Agua
- Almacenamiento
- Molienda
- Cocimiento
- Enfriamiento de Mosto
- Fermentación y Maduración
- Filtración
- Envasado
 - Llenado
 - Pasteurización
 - Etiquetado
 - Encajonado
- Distribución
- Servicios Industriales de Planta



Imagen 2 : Proceso de elaboración de la cerveza

3.2.1. Materias primas

La primera etapa inicia con la recepción de la materia prima , la cual proviene de calificados proveedores los cuales se encargan de limpiar y seleccionar la cebada, que luego hacen germinar, secan y finalmente tuestan para entregar la mejor malta. Por otro lado se realiza la importación del lúpulo, la cual es una flor femenina que le da aroma y ese sabor característico a la cerveza.

3.2.2. Tratamiento de agua

Parte de materia prima que ingresa al proceso es el agua, la cuales un tipo especial de agua, con un nivel muy elevado de pureza debido a la combinación de sales minerales y tratamientos que se le realiza los cuales garantizan el exclusivo sabor.

El agua se extrae de pozos de más de 140 metros de profundidad y se almacena bajo las más adecuadas condiciones de higiene.

Posteriormente, el agua es tratada en planta de la más alta tecnología, en un proceso totalmente automatizado que garantiza una invariable calidad.

3.2.3. Almacenamiento

Una vez que la malta ingresa a la cervecería, es sometida a un riguroso proceso de limpieza y selección antes de ser almacenada.

La malta es almacenada en silos especialmente diseñados para garantizar y mantener permanentemente la calidad de esta importante materia prima.

3.2.4. Molienda

Luego de haber decepcionada toda la materia prima necesaria en los silos de almacenamiento se extrae la cantidad de malta que será utilizada para la elaboración de la cerveza.

Los granos son adecuados previamente para conseguir la humedad especificada para nuestro proceso y después se muelen en equipos de alta tecnología que garantizan una granulometría adecuada.

La malta molida se almacena en tolvas de alimentación y está lista para ser usada.

3.2.5. Cocimiento

Esta etapa se realiza con pailas de acero inoxidable permiten procesar la malta y el lúpulo para elaborar el mosto cervecero. Este proceso es automatizado.

3.2.6. Enfriamiento del mosto

El mosto elaborado en el Cocimiento se encuentra a una temperatura superior a los 95°C como consecuencia de haberlo sometido a temperaturas de ebullición constantemente controladas.

En esta etapa el mosto es enfriado hasta 8°C para luego ser fermentado en tanques de acero inoxidable cilindro - cónicos.

También interviene la levadura; esta se dosifica al mosto frío y se encargará de transformar los azúcares del mosto en anhídrido carbónico y alcohol.

3.2.7. Fermentación y maduración

Los tanques cilindro cónicos nos permiten realizar el proceso de fermentación del mosto y la maduración de la cerveza en forma óptima.

Equipados con sistemas de refrigeración perfectamente aislados y dotados de sistemas de limpieza centralizados, estos tanques procesan en forma automatizada nuestra cerveza, con la edificación cubriendo sólo la base de los tanques, ahorrando espacio, energía y tiempo.

Por su ubicación, configuración y diseño las operaciones manuales en estos tanques son mínimas con lo que la posibilidad de error humano queda reducida al mínimo.

3.2.8. Filtración

Luego de casi 21 días, la cerveza está prácticamente lista. Sólo falta el proceso de filtración.

Con la filtración se eliminan todas las materias insolubles y se le da la brillantez característica de las cervezas que producimos.

Este proceso particularmente importante es controlado y automatizado de modo tal que el producto final mantiene siempre una calidad invariable.

Una vez más la tecnología ultra-moderna juega un rol fundamental en la Filtración de cerveza.

3.2.9. Envasado

3.3.1.3. Llenado de botellas

Las salas de envasado de nuestras plantas cerveceras cuentan con modernas llenadoras para botellas de vidrios, envases de aluminio y barriles chopp.

La máquina llenadora es uno de los equipos más sofisticados de la línea de embotellamiento.

A velocidades de más de 500 botellas por minuto, cada una de las llenadoras nos entregan botellas con un contenido exacto de cerveza.

Menos de un segundo después de la llenadora, la máquina coronadora tapa la botella herméticamente.

3.3.1.4. Pasteurización

La pasteurización de la cerveza es tal vez una de las operaciones más importantes en la etapa del embotellado.

Como un complemento más a todas las seguridades que se toman en el proceso, la pasteurización inhibirá la presencia de cualquier microorganismo en nuestro producto. La cerveza envasada en pasteurizada mediante duchas de agua caliente que elevan su temperatura hasta los 60°C, para garantizar su estabilidad biológica.

3.3.1.5. Etiquetado e identificación

Una vez pasteurizadas cada una de las botellas será etiquetada e identificadas.

Dependiendo de su tamaño, del cliente y de su destino; las botellas recibirán las etiquetas en el cuerpo, en el cuello, etc. De esta manera, el producto es perfectamente identificado.

3.3.1.6. Encajonado

Las botellas de cerveza son ahora colocadas en sus respectivas cajas, ya sean de plástico o de cartón, según el cliente y su punto de destino.

En forma automática y controlando que nunca falte ni una sola botella en sus respectivas cajas, la máquina encajonadora opera ininterrumpidamente.

3.2.10. Distribución

Finalmente todas las cajas son apiladas sobre plataformas de madera denominadas "pallets".

Estos "pallets" serán cargados a las unidades de transporte que llevarán la cerveza a los centros de distribución ubicados en todo el territorio nacional permitiendo llegar la cerveza a los diversos puntos del país y del extranjero.

3.2.11. Servicios Industriales o Planta de Fuerza

Es el área encargada del control y mantenimiento de los servicios para la producción de cerveza y malta. Los servicios que se encuentran a cargo de esta área son el sistema de refrigeración por amoniaco, sistema de agua, sistema de CO2, sistema de electricidad, combustible y aire.

El área de Planta de Fuerza pertenece al área de ingeniería, la cual tiene la siguiente estructura organizacional:

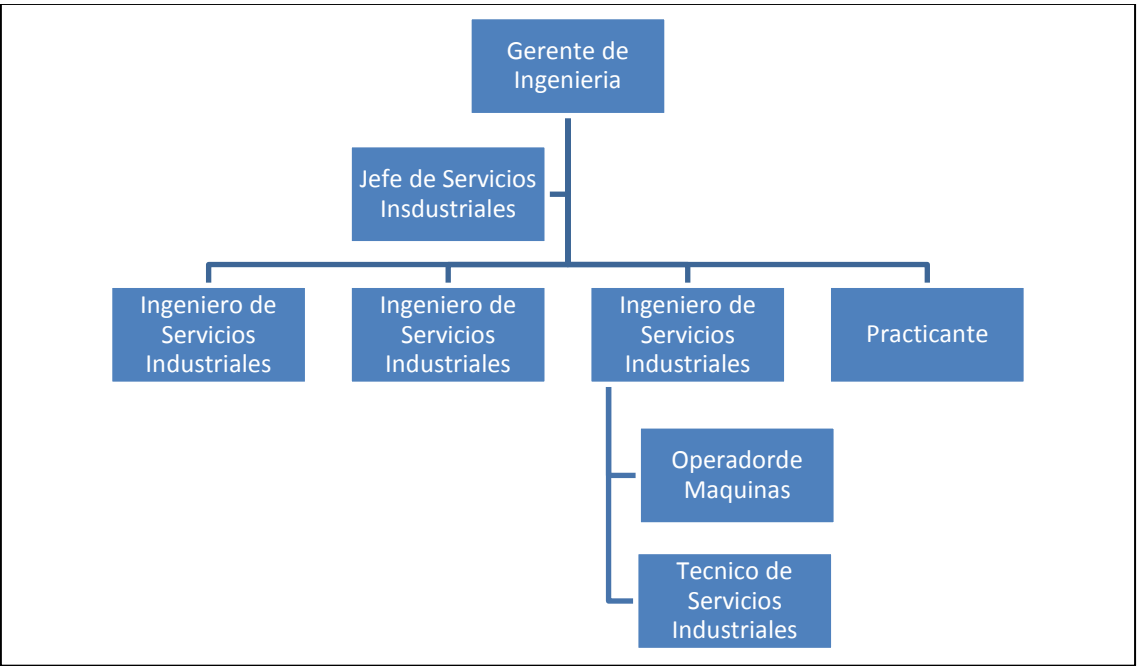


Figura 7 : Estructura organizacional de la Servicios Industriales de Planta

Esta área la componen 6 sistemas que funcionan dentro de toda la planta, los cuales son:

- Sistema de Frio
- Sistema de Vapor
- Sistema de CO2
- Sistema de Aire
- Sistema Eléctrico

3.3. Descripción de los Procesos de Planta de Fuerza

3.3.1. Planeamiento Estratégico de Planta de Fuerza

3.3.2.3. Misión de Planta de Fuerza

“Generar y suministrar los servicios industriales a los clientes con calidad, oportunidad, a bajo costo, preservando el medio ambiente y optimizando el uso de recursos no renovables.”

3.3.2.4. Visión de Planta de Fuerza

“Ser la mejor planta de servicios industriales en resultados y desarrollo sostenible, basándose en el compromiso y crecimiento de su gente.”

3.3.2.5. Principios

- Resolver los problemas en equipo
- Cuidar la integridad física, la calidad de vida y el desarrollo de nuestra gente.
- Somos íntegros y honestos en nuestros actos y en la información que reportamos.
- Priorizar la calidad
- Estar comprometidos con el desarrollo sostenible
- Valor y respetar a todas las personas por igual

3.3.2. Procesos de Planta de Fuerza

Planta de Fuerza, es el área en la que se encuentran los servicios industriales de planta , los cuales son los responsables de recibir , generar y convertir y distribuir la energía necesaria para las diferentes para el proceso de producción de cerveza y malta. En la Planta Ate, de Cervecería Backus, se presenta bajo la supervisión de la Gerencia de Ingeniería.

Los sistemas que forman parte de la operación de servicios industriales son: aire , vapor , dióxido de carbono , agua ,refrigeración y energía eléctrica.

3.3.2.1. Sistema de Aire

El sistema de Aire es el responsable de generar aire húmedo y seco, controlando el correcto suministro de este servicio para enviárselo a todos los sistemas que lo requieran.

i. Descripción del Proceso

El proceso de obtención de aire inicia cuando el aire es succionado del ambiente por unos filtros de aspiración que tienen la finalidad de liberar al aire de partículas en suspensión para luego pasar a los compresores, en donde se le aumenta la temperatura y presión. Después , es almacenado en los tanques buffer o de almacenamiento , los cuales encargan de mantener una reserva de aire y amortiguar las variaciones de presión generadas por la demanda de los consumidores , una vez almacenado es distribuido a los usuarios que requieran aire húmedo , mientras que el resto pasa a los secadores que eliminan su humedad en un 99.5%. El aire seco es empleado en las líneas neumáticas en instrumentación, aireación del mosto y equipos que requieran aire sin humedad.

A continuación se presentará el diagrama del sistema.

ii. Diagrama del Sistema de Aire

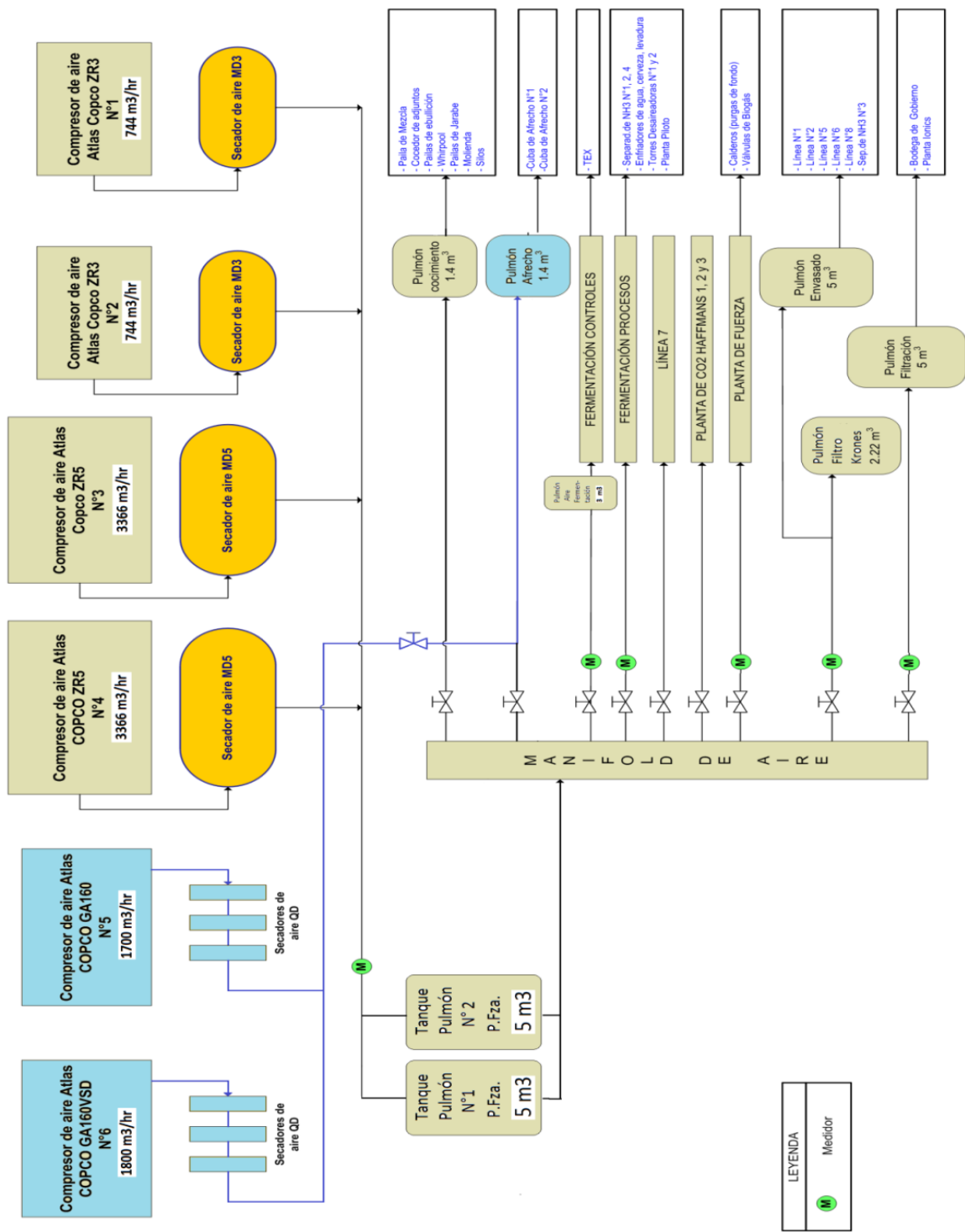


Figura 8 :Diagrama del Sistema de Aire

3.3.2.2. Sistema de Vapor

El sistema de vapor es el responsable de realizar las operaciones para suministrar vapor a los diferentes clientes internos dentro de los parámetros requeridos.

i. Descripción del proceso

El proceso de obtención de vapor se inicia en un tanque de precalentamiento, denominado tanque "G", en el que se recolecta el condensado proveniente de la condensación del vapor de agua utilizado en los diferentes procesos de Planta Ate, allí se completa el volumen que no retornó como condensado, con agua procedente de la Planta de Tratamiento de Agua y toda ella será utilizada como agua de alimentación para calderas.

El agua y condensado obtenido, son almacenados en un tanque y es ahí precalentado hasta 90°C con vapor para evitar choques térmicos por diferencia de temperaturas, para hacer que el proceso de evaporación de calderas sea mucho más rápido.

El agua y el condensado ya mezclados, se dirigen hacia los tanques desgasificadores en los cuales se disminuye el contenido de oxígeno en el agua de alimentación de calderas a través de una torre desgasificadora. Esta utiliza vapor en contra flujo eliminando el oxígeno del agua proveniente del tanque de precalentamiento a fin de disminuir la corrosión en las calderas. Además, en este punto del sistema el agua es tratada químicamente con la finalidad de evitar, el agua sigue depósitos, incrustaciones y corrosión en los generadores de vapor.

Después, el agua sigue su recorrido introduciéndose en las calderas o generadores de vapor cuyo objetivo principal es convertir, a través de la quema de gas energía química en calorífica y la calorífica en térmica, lo que causa que el agua hierva y se genere vapor, para luego este ser transportado a través de tubería aisladas a los distintos consumidores.

Planta Ate tiene una capacidad de generación de vapor la cual es de **260,000 lb/h** proveniente de 2 calderas: caldera 4 (60000lb/h) y caldera 5 (60000lb/h).

El vapor de alta presión es generado con una presión de **570 psig** y una temperatura de 380°C, el cual es distribuido a través de un manifold de alta presión hacia un turbo generador donde

la energía térmica del vapor es convertida en energía mecánica , al pasar por una turbina y hacer girar al rotor el cual a su vez activa el generador adjunto convirtiendo finalmente la energía mecánica en eléctrica.

Después, el vapor sobrecalentado sale del turbo-generador con baja presión entre 60 y 70 psig y una temperatura de 180°C aproximadamente, el cual es dirigido al manifold de baja presión para el consumo de la planta.

Por otro lado, el vapor saturado generado por la caldera es dirigido hacia el manifold de baja presión y de ahí distribuido a los consumidores en toda la planta, y el excedente se dirige a los consumidores en toda la planta, y el excedente se dirige a los condensadores de vapor. Se puede decir que se dispone de 2 calderas, de las cuales la primera tiene como función generar vapor que suministra al turbo-generador y después el vapor obtenido de esta es suministrada a los consumidores y la segunda tiene como función proporcionar el doble de vapor en comparación con la primera y el vapor generado es distribuido solo a determinados consumidores.

A continuación se presentará el diagrama del sistema.

ii. Diagrama de Vapor

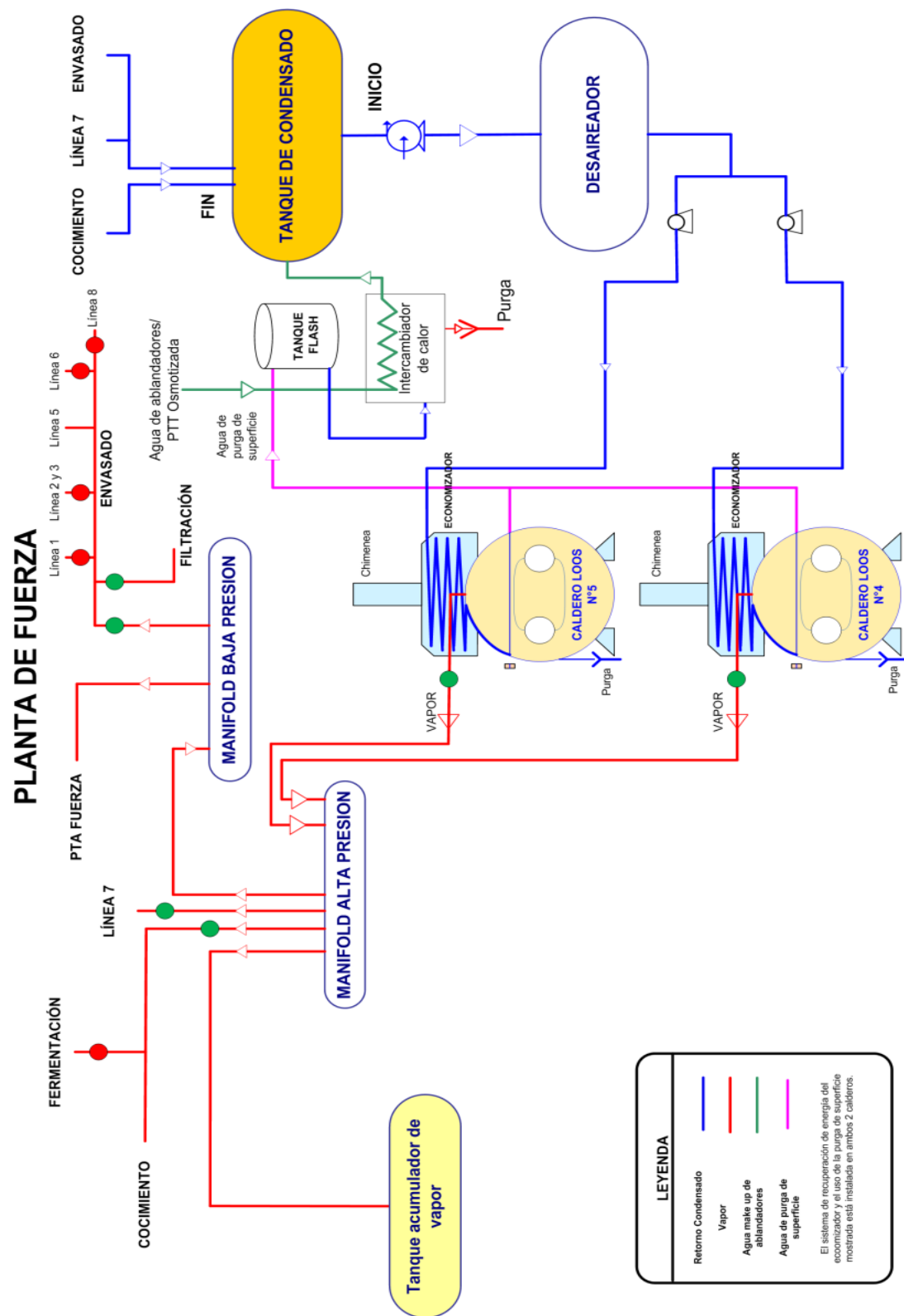


Figura 9 : Diagrama del Sistema de Vapor

3.3.2.3. Sistema de CO₂

El sistema de CO₂ es el responsable de recuperar, convertir y generar CO₂ para satisfacer la demanda de los usuarios del proceso de producción de la cerveza. El CO₂ es un recurso muy importante dentro del proceso ya que permite la carbonatación, la presurización del producto al envasarse y el vaciado de los tanques.

i. Descripción del Proceso

El CO₂ se origina en la fermentación del mosto de cerveza durante su elaboración, es decir proviene de la fermentación de los tanques cilíndricos cónicos (TCC's) y cubas de fermentación, de las cuales se recupera y pasa a las trampas de espuma, las cuales tienen como función separar los restos de partículas sólidas que el CO₂ arrastra. El gas que sale de ellas es conducido a los compresores y es procesado.

El proceso consiste en llevar el gas a las lavadoras de CO₂, luego pasarlo a través de un pre-enfriador y un separador de gotas, el cual es un intercambiador de calor que opera con alcohol como fluido refrigerante y cuyo fin es bajar la temperatura hasta los 8°C y condensar parte del vapor de agua que trae consigo el CO₂. Después es pasado a los filtros de carbón o deodorizadores y finalmente a un filtro de carbón, al instante de finalizar esta etapa el gas sufre un proceso de compresión en el cual se le aumenta la presión y la temperatura, saliendo finalmente CO₂ comprimido el cual es enfriado finalmente con alcohol, el cual es enviado al tanque amortiguador y secado en las torres deshidratadoras. Una vez seco el gas se licua por medio de un enfriador de amoníaco.

El almacenamiento se efectúa en un tanque buffer para mantenerlo de forma líquida el cual se tendrá que gasificar nuevamente por los evaporadores de CO₂ para su posterior disposición.

A continuación se presentará el diagrama del sistema.

ii. Diagrama de CO2

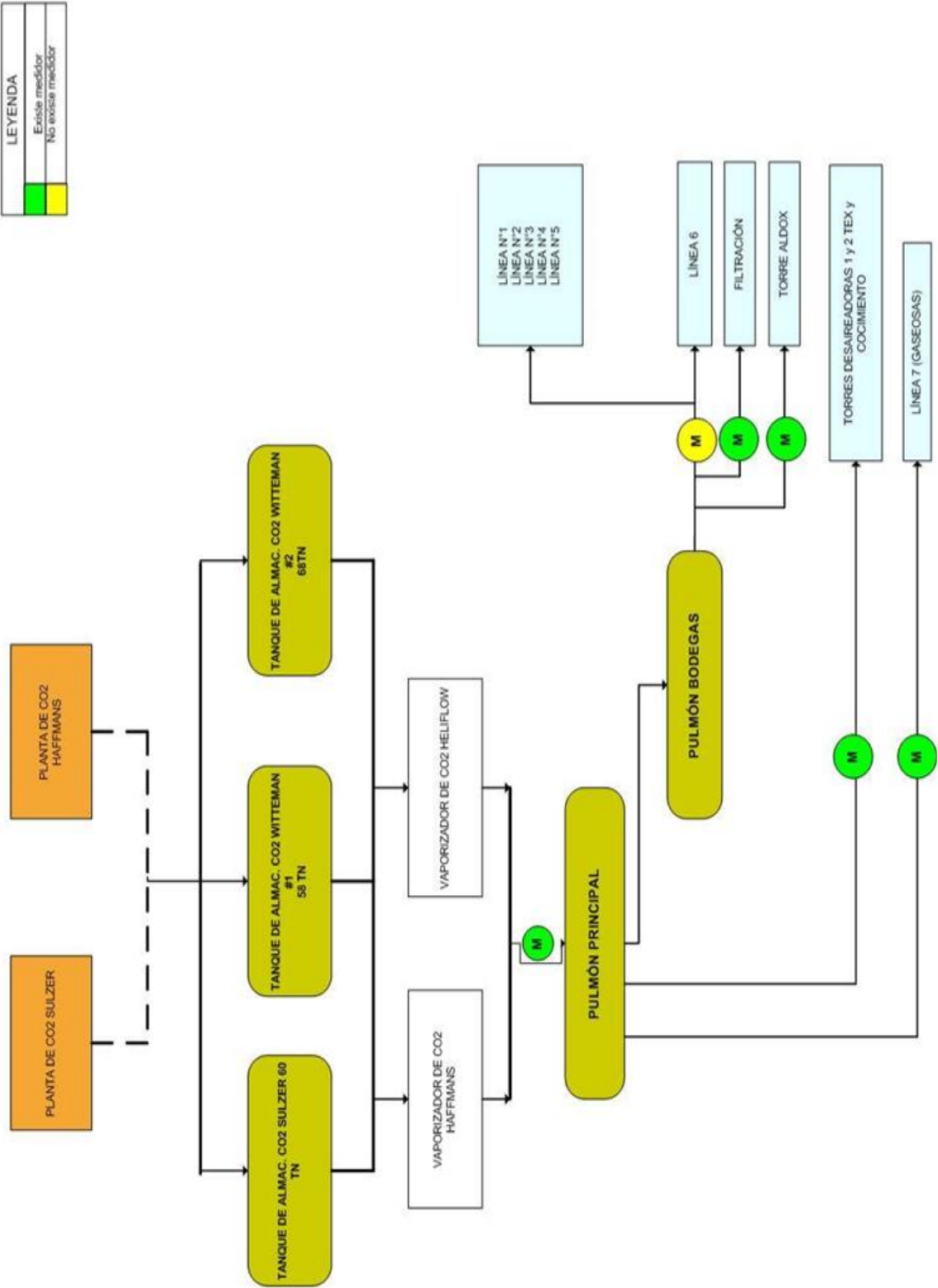


Figura 10: Diagrama del Sistema de CO2

3.3.2.4. Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración es el responsable de mantener constante el flujo de amoniaco, para proporcionar la refrigeración necesaria para los diversos los clientes usuarios mantengan las temperaturas requeridas en sus procesos .

i. Descripción del Proceso

El sistema de refrigeración está compuesto por una serie de equipos que permiten coleccionar, devolver y reutilizar el NH₃, bajo condiciones apropiadas, con lo que hace se cumple que el sistema sea un circuito cerrado. La descripción del proceso de refrigeración se mostrará en el siguiente capítulo.

A continuación se presentará el diagrama del sistema.

ii. Diagrama del sistema de Refrigeración

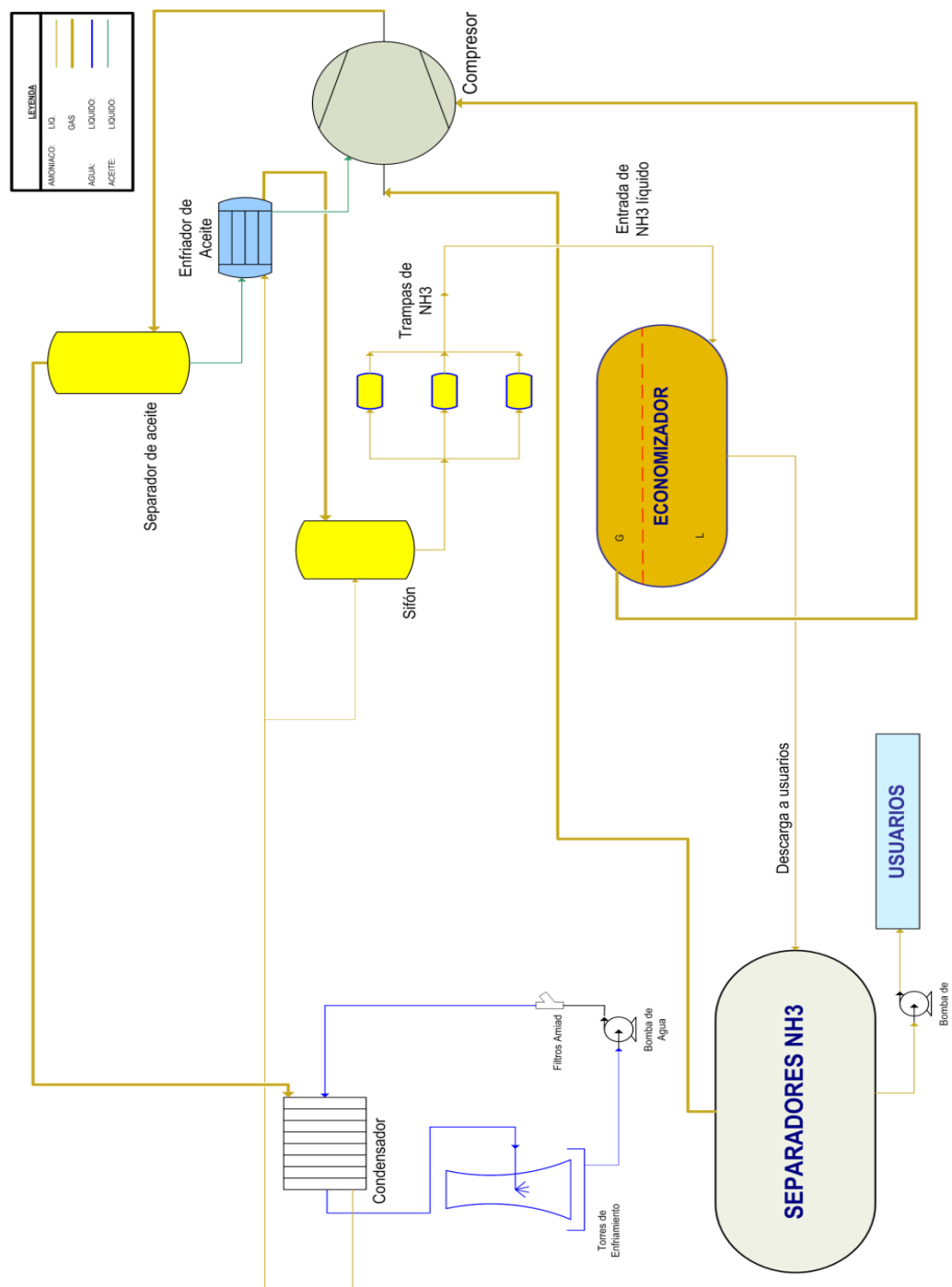


Figura 11 : Diagrama del Sistema de Refrigeración

Capitulo IV. METODOLOGÍA EMPLEADA

4.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, porque ha sido aplicada en el sistema de Refrigeración en una industria cervecera.

4.2. Variables a considerarse

Dentro de la investigación las variable considerada es aquella que me midan de manera directa los resultados, para ello se ha decido utilizar una variable del tipo dependientes cuantitativa relacionada directamente con el proceso la cual es el indicador de consumo de energía la cual mide directamente si los resultados buscados con la investigación están siendo logrados.

4.3. Descripción de la Situación

Empresa cervecera pertenece a una de las trasnacionales más influyente a nivel Mundial la ha desarrollado una nueva estrategia cuya base son siete elementos, que permitan que sus subsidiarias puedan adquirir ventajas competitivas frente a la competencia , las cuales son :

- Eficiencia energética.
- Cambio a combustibles fósiles más limpios.
- Energía renovable
- Intercambio de bonos por emisiones de carbono.
- Manejo de Emisiones en Refrigeración.
- Manejo de Emisiones en Transporte.
- Manejo de Emisiones en la Fabricación de envases

La siguiente tesis busca reducir el consumo de energía eléctrica, lo cual se alinea con el fundamento N°1, el que es referente a eficiencia energética.

4.4. Análisis de la situación

Para poder lograr la eficiencia energética, la cual es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo energético lo cual trae como consecuencia disminuir costos, promoviendo la sostenibilidad económica, política y ambiental, se planteó la realización de un proyecto que permita generar el ahorro de recursos los cuales tienen un objetivo claro, reducir los consumos.

El área responsable del planteamiento y ejecución de gran parte de los proyectos de ahorro de energía es Planta de Fuerza, sección que pertenece a la Gerencia de Ingeniería.

Para poder realizar un proyecto, primero se evalúa la situación, luego se realiza el análisis y finalmente se realiza un estudio referente al impacto que tendrá el proyecto futuro y mostrar la factibilidad del mismo.

La elaboración de un proyecto de ahorro de energía conlleva una estructura de trabajo la cual cumple con los siguientes objetivos:

- Identificar nuevas oportunidades de Ahorro de Energía en el proceso.
- Involucrar a todo el equipo Técnico del Área para reforzar el potencial de experiencia y creatividad de cada uno de los integrantes
- Propiciar uniformidad en el conocimiento de todo el personal con respecto a los temas que se manejan.

- Reforzar el conocimiento técnico con la divulgación y discusión de las reglas y conceptos de SAB Miller en los diversos temas de Energía.

Para la realización de un proyecto se debe formular un acuerdo, el cual significa establecer un compromiso para ahorrar energía y reducir el consumo en la empresa, introduciendo el firme compromiso de la dirección de la empresa y de los trabajadores con el ahorro de energía.

Una vez llegado a un acuerdo se realiza un estudio sobre el uso de la energía en la empresa, el cual consiste en identificar los problemas y realizar un diagnóstico del consumo de energía.

El estudio energético comprende la recopilación de datos sobre el consumo, estudio de las instalaciones, equipos identificando las distintas oportunidades de ahorro de energía, a través de las buenas prácticas.

Realizando una evaluación del indicador de Energía se encontró que el indicador de consumo de energía de la planta estaba por encima de la meta 8.36 kWh/hL.

Frente a esta situación se propuso realizar un AFF para poder identificar la posible causa raíz que explique porqué el consumo se encontraba tan alto, a continuación se muestra el AFF realizado:

ANÁLISIS FORMAL DE FALLAS																																		
LINEA/ÁREA	MÁQUINA/PROCESO	FECHA	RESPONSABLE																															
PLANTA DE FUERZA	ENERGÍA ELÉCTRICA	30/05/2014	ELISA TALLA																															
PROBLEMA IDENTIFICADO (Clara descripción/ 1 Objeto y 1 defecto)																																		
ALTO CONSUMO DE ENERGÍA EN PLANTA			IMPACTO EN: COSTOS																															
Escribir posibles causas - Considera: Hombre, Máquina, Método y Material, Medición, Medio Ambiente																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">MEDICION</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">MATERIALES</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">MANO DE OBRA</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Mal cálculo de los indicadores de consumo</p> <hr/> <p>El clima favorece un mayor consumo de energía</p> <hr/> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">MEDIO AMBIENTE</div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Falta de proyectos de ahorro de energía eléctrica</p> <hr/> <p>Falta de estratificación de áreas, para análisis de mayores consumos</p> <hr/> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">METODO</div> </div> <div style="width: 30%;"> <p>No hay toma de conciencia al momento de hacer uso de la energía eléctrica</p> <hr/> <p>Falta de análisis a los procesos</p> <hr/> <p>Falta de comparaciones con consumos de otras cervecerías</p> <hr/> <p>Las máquinas no están funcionando eficientemente</p> <hr/> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">MAQUINA</div> </div> </div> <div style="width: 35%; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> CONSISTENCIA CON EL PROBLEMA <table border="1"> <thead> <tr> <th>Causa</th> <th>Si/No</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Si</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> ¿POR QUÉ EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ES ELEVADO? </div> </div> </div> </div>					Causa	Si/No	Observaciones	1	Si		2	Si		3	Si		4	Si		5	Si		6	Si		7	Si		8	Si		9		
Causa	Si/No	Observaciones																																
1	Si																																	
2	Si																																	
3	Si																																	
4	Si																																	
5	Si																																	
6	Si																																	
7	Si																																	
8	Si																																	
9																																		
POSIBLES CAUSAS CONSISTENTES		ACCIONES NECESARIAS PARA VERIFICAR POSIBLES CAUSAS	QUIÉN	CUÁNDO	HALLAZGOS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS																													
1	Falta de comparaciones con consumos de otras cervecerías	BENCHMARKING CON LAS DEMÁS PLANTAS SABMILLER	ELISA TALLA	SEM 21	EL VALOR DEL CONSUMO DE ENERGÍA ES ALTO COMPARADO CON OTRAS PLANTAS DE LA REGIÓN, EL MÍNIMO COP RECOMENDADO POR SABMILLER ES 220 KWH																													
2	Falta de estratificación de áreas, para análisis de mayores consumos	REALIZAR UN MAPEO DE CONSUMOS DE TODAS LAS ÁREAS REPRESENTATIVAS DE LA PLANTA	ELISA TALLA	SEM 22	SE DETERMINA QUE EL ÁREA EN LA CUAL TENDRÍA RESULTADO APLICAR UN PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA ES PLANTA DE FUERZA																													
3																																		
IDENTIFICACIÓN DE LA CAUSA RAÍZ					Evidencia																													
¿Por qué?																																		
¿Por qué?																																		
CIERRE DEL CICLO																																		
PLAN DE ACCIÓN			QUIÉN	CUÁNDO	COMENTARIOS																													
ANALIZAR QUE ÁREA DE PLANTA DE FUERZA ES LA QUE SE CONSIDERA EN LA QUE SE DEBE REALIZAR EL PROYECTO			ELISA TALLA	SEM 22	ESTE PUNTO CLAVE PARA REALIZAR EL SIGUIENTE PLAN DE ACCIÓN																													
REALIZAR EL PROCEDIMIENTO PARA EJECUCIÓN DE UN PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA			ELISA TALLA	SEM 23																														

Figura 1 : AFF sobre el consumo de Energía Eléctrica en toda la Planta

Como resultado del análisis de formal de fallas se obtuvo que como acciones prioritarias , lo primero a realizarse serían comparaciones con otras plantas y luego un mapeo de los consumos de energía de todas las áreas.

4.5. Estrategia de Benchmarking

El benchmarking es un punto de referencia sobre el cual las empresas comparan algunas de sus áreas.

En resumen, el benchmarking consiste en tomar como referencia a los mejores y adaptar sus métodos, sus estrategias, dentro de la legalidad. Por ejemplo, se pueden adaptar las mejores prácticas en atención u optimización de procesos.

Permite la comparación de las empresas en aspectos fundamentales como :

- El nivel de calidad, el cual permite el análisis del valor creado de un producto, teniendo en cuenta su precio y los costes necesarios para su fabricación y venta.
- La productividad, con la cual las empresas comparan cuánto producen y cuánto consumen para obtener esa cantidad con el objetivo de comparar eficiencia en los procesos.

En base a información obtenida por la empresa se obtuvo el siguiente cuadro de información, el cual permite evaluar el indicador de consumo de energía reflejado en otras industrias cerveceras de igual capacidad de producción.

Planta Cervecera	Consumo KWH
Cusco	270
Arequipa	250
Ate	240
Boyacá	215
Tocancipa	200

Tabla N° 2: Resumen de consumo de energía de otras Plantas

Fuente: Elaboración Propia

Realizando las comparaciones se obtuvo que el indicador de consumo de Energía Eléctrica de la planta eran más altos de los estándares establecidos, el indicador se encontraba en un valor de 310 kWh envasado cuando el promedio de cervecerías tiene un indicador de 220 kWh.

Para poder identificar a que se debe ese valor de consumo se debe realizar un análisis del consumo de energía, para ello se realizó un diagrama de Pareto que permita identificar a los consumidores que representan la mayor cantidad de consumo de energía en toda la planta.

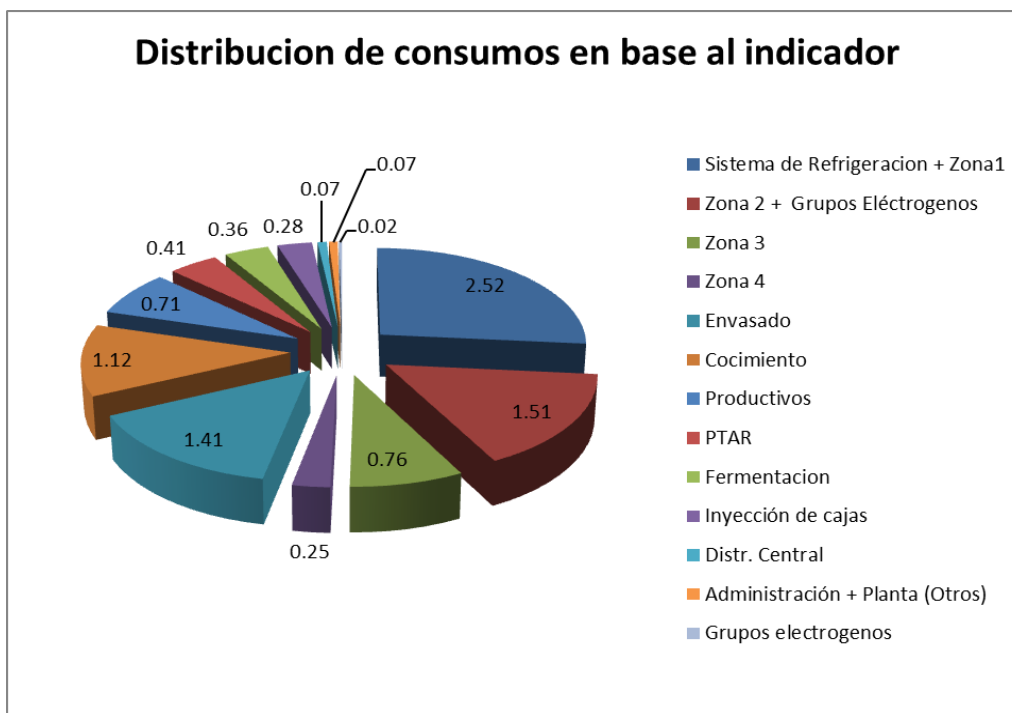
4.6. Diagrama de Pareto de los Consumidores de Energía de la Planta.

Para poder realizar el análisis de consumo de energía se solicitó información acerca de los indicadores de cada una de las áreas que afectan al indicador de Energía Eléctrica, obteniéndose la siguiente información:

Área	Indicador (KWH/HI)
Planta Fuerza	5.048
Envasado	1.413
Cocimiento	1.123
Productivos	0.708
PTAR	0.411
Fermentación	0.364
Inyección de cajas	0.285
Distribución Central	0.075
Administración (Otros)	0.071
Grupos electrógenos	0.022

Tabla Nº 3 : Indicador de consumo de energía Eléctrica de todas las Áreas

Fuente: Elaboración Propia



Esta grafica nos permite ver la realidad de los consumos, mas no indica las áreas que mayor uso hacen de energía eléctrica, para ello se agruparon en base a las áreas principales que posee la planta, las cuales son: Cocimiento, Filtración , Envasado , Planta de Fuerza

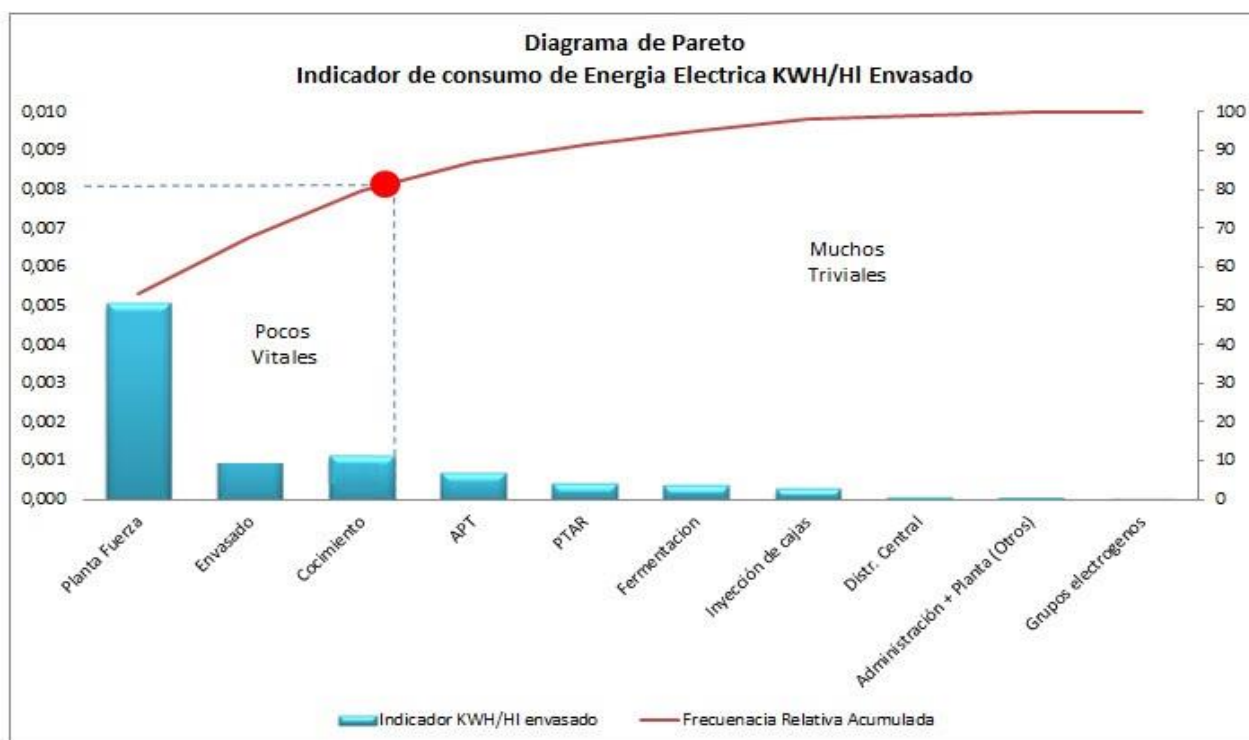


Figura 2 : Diagrama de Pareto de los consumos de energía de todas las áreas

Fuente: Elaboración Propia

Interpretando los resultados, se tuvo que las primeras 3 áreas representan el 80% del total de consumo de energía, estas son las “pocas vitales”, es decir tendrán que se tienen que concentrar los esfuerzos en buscar soluciones de ahorro de energía en **Planta de Fuerza**, **Envasado y Cocimiento**. De esta manera se obtendrá una mejora significativa en el indicador de energía.

Al identificar que el área que representa mayor consumo de energía es **Planta de Fuerza**, se procedió a estratificar su consumo, procedimiento que se explicara en el siguiente punto.

4.7. Estratificación del consumo de energía en Planta de Fuerza.

La estratificación consiste en la determinación del consumo de las principales subáreas que componen Planta de Fuerza. Se toman en consideración los datos por área de esta manera se tiene un valor base del porcentaje de consumo por área como se muestra en la figura y a partir de este comenzar a realizar las comparaciones y análisis necesarios.

Obtenido que el mayor consumo de energía se tenga en Planta de Fuerza, se solicitó información acerca de cómo estaban distribuidos los consumos dentro de esta área obteniéndose la siguiente información:

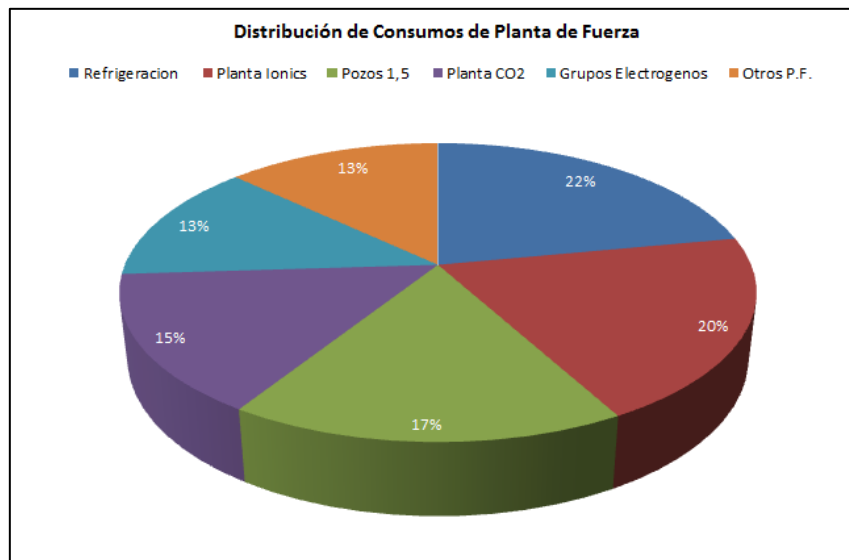


Figura 3 : Estratificación de consumos de Planta de Fuerza

Fuente: Información propia

Realizando el análisis del grafico obtenido, se tiene que el área que representa mayor consumo de energía eléctrica de planta de fuerza es el sistema de refrigeración.

4.8. Análisis del Sistema de Refrigeración de Planta de Fuerza

Al concluir que el área de mayor consumo es el sistema de Refrigeración se procedió a realizar un Análisis Formal de Fallas , el cual permite conocer de manera efectiva la causa que origina una falla y garantizar que la solución que se lleva a cabo sea la solución más correcta.

Este método se caracteriza por:

- Buscar conocer la causa verdadera que origina una falla.
- Buscar la mejor solución a la falla.
- Tratar de evitar que la falla ocurra nuevamente.

La realización del método consta de cuatro etapas.

- a. Descripción.
- b. Análisis.
- c. Solución.
- d. Documentación.

El AFF que se planteó respondía a la siguiente pregunta:

- ¿Por qué es tan alto el consumo de Energía Eléctrica en el sistema de Refrigeración?

ANÁLISIS FORMAL DE FALLAS																																		
LINEA/ÁREA	MÁQUINA/PROCESO	FECHA	RESPONSABLE																															
PLANTA DE FUERZA	SISTEMA DE REFRIGERACION	30/05/2014	ELISA TALLA																															
PROBLEMA IDENTIFICADO (Clara descripción/ 1 Objeto y 1 defecto)																																		
ALTO CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				IMPACTO EN: COSTOS																														
ESCRIBIR POSIBLES CAUSAS - Considerar: Hombre, Máquina, Método y Material, Medición, Medio Ambiente																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> </div> <div style="width: 35%;"> <p>CONSISTENCIA CON EL PROBLEMA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Causa</th> <th>Si/No</th> <th>Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> </div> </div>					Causa	Si/No	Observaciones	1			2			3			4			5			6			7			8			9		
Causa	Si/No	Observaciones																																
1																																		
2																																		
3																																		
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
POSIBLES CAUSAS CONSISTENTES		ACCIONES NECESARIAS PARA VERIFICAR POSIBLES CAUSAS	QUIÉN	CUÁNDO																														
1	Bajo valor del cop	Benchmarking con las demas plantas sabmiller	ARTURO COLAN	SEM 23																														
2	Muy baja presion de succion	Realizar un mapeo de presiones criticas de succion de nh3	RUBEN MOGOLLON	SEM 24																														
3	Alta presion de descarga	Analizar el comportamiento de la presion de	ARTURO COLAN	SEM 25																														
HALLAZGOS DE LA VERIFICACIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS																																		
El valor del cop es muy bajo comparado con otras plantas de la región, el mínimo COP recomendado por SabMiller es 4.5																																		
Se determina que el equipo crítico para el sistema es el enfriador de transferencia																																		
Durante el año la presión es constante en 11.5 bar en toda época del año.																																		
CIERRE DEL CICLO																																		
PLAN DE ACCIÓN		QUIÉN	CUÁNDO	COMENTARIOS																														
REALIZAR PRUEBAS SUBIENDO LA PRESION DE SUCCION DEL SISTEMA SIN AFECTAR AL ENFRIADOR DE TRANSFERENCIA.		MANUEL ORTIZ	SEM 25	SE REALIZAN PRUEBAS HASTA EN 2.6 BAR, PERO EVENTUALMENTE RECLAMAN USUARIOS POR ALTA °T DEL ENFRIADOR DE TRANSFERENCIA.																														
ESTABLECER 2 PRESIONES DE SUCCION EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION: 2.5 BAR CON TRANSFERENCIA Y 2.8 BAR SIN TRANSFERENCIA.		PABLO ANTUNEZ	SEM26	SE REALIZA UN LAZO DE CONTROL PARA QUE VARÍE LA PRESIÓN DE SUCCIÓN A 2.5 CUANDO ARRANCA TRANSFERENCIA.																														
BAJAR EL SET POINT DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO PARA QUE SISTEMA TRABAJE CON MENOS PRESIÓN.		COLAN/CABALLERO/LIZA RRAGA/OJEDA	SEM 26	AL REDUCIR LA PRESIÓN SE OBSERVA QUE EL COP SE INCREMENTA ALCANZANDO LA META																														
INSTALAR UN SENSOR DE °T DE BULBO HUMEDO		PAMCOLAN	SEM 30	SE REALIZA LA INSTALACIÓN DEL SENSOR Y SE LLEVA SEÑAL AL BRAUMAT.																														
INSTALAR SENSORES DE TEMPERATURAS EN LAS POZAS DE LAS TORRES.		PAMMOGOLLON	SEM31	SE REALIZA SIN PROBLEMAS																														
REALIZAR EL AUTOMATISMO DE LAS TORRES CON LA °T DE BULBO HUMEDO		PABLO ANTUNEZ DE MAYOLO	SEM 42																															

Figura 4 : AFF sobre el consumo de Energía Eléctrica en el sistema de Refrigeración

Evalutando los resultados obtenidos del AFF se tiene que uno de los responsables del alto consumo del sistema de refrigeración es el bajo valor del COP , la baja presión de succión y la elevada presión de descarga .

El COP es un indicador de eficiencia y sus valores deben ser mayores a 4.6 para comparar consumos con empresas que se encuentran en el estándar deseado.

En base a la premisa, se procedió a realizar un análisis de las posibles causas que permitan explicar porque el indicador COP de la planta no se encontraba entre los rangos establecidos y porque no eran favorables.

4.9. Descripción de la oportunidad de Mejora

Al identificar que el COP era la clave para reducir el consumo en el sistema de refrigeración, entonces si se lograba encontrar alguna oportunidad que traiga como consecuencia incrementar el COP, esa mejora seria la adecuada.

4.10. Metodología PDCA

4.10.1. Planeamiento

Al tener identificada la propuesta se realizó un plan de trabajo , el cual consistía en la elaboración de un Cronograma de trabajo, el cual permitió identificar las tareas involucradas y los tiempos en los que están se podrían ver ejecutadas , para poder alcanzar la meta planteada.

4.10.1.1. Elaboración de Cronograma de Trabajo

CARTILLA DEL EQUIPO/PROYECTO (PROJECT CHARTER)					
Nombre del Proyecto : AHORRO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACION				Nº Proyecto: PF-00IN005	
Fecha (Última Revisión):				Sección: Planta de Fuerza	
Preparado Por: ELISA TALLA				Área: Gerencia de Ingeniería	
Caso de Negocio:			Oportunidad (Problema de Alto Nivel):		
El indicador de consumo de energía de la planta estaba por encima de la meta 8.36 kwh/hl			Definición del Defecto:		
			Alto consumo de energía eléctrica en el sistema de refrigeración.		
Objetivo:			Alcance del Proyecto:		
Reducir el consumo de energía eléctrica en el sistema de refrigeración para cumplir la meta de energía eléctrica de la Planta para el F15.			Punto de Partida del Proceso: Separadores de NH3.		
			Punto de Llegada del Proceso: Economizador.		
Ahorros/Beneficios Esperados: Reducir el consumo de energía eléctrica por debajo de 8 KWH/HL			Dentro del Alcance: planta de Fuerza y F&M		
			Fuera del Alcance: Filtración, Cocimiento y Envasado.		
Plan del Proyecto:					
Tarea/Fase	Fecha de Inicio	Fecha de Término	Término Real	Nombre:	Rol:
Planificación					
- Análisis de la situación antes					
- Realizar benchmarking del cop con las demás plantas SabMiller	sem 23	sem 24	sem 24	Elisa Talla	Controller Project
-Realización una estratificación de los consumos de energía del sistema de refrigeración, data histórica.	sem 23	sem 24	sem 24	Elisa Talla	Controller Project
-Análisis de propiedades del Amoniaco como refrigerante	sem 23	sem 24	sem 24	Elisa Talla	Controller Project
-Análisis teórico de incremento de la presión de succión , en el diagrama de Mollier y obtener resultados Teóricos	sem 23	sem 24	sem 24	Elisa Talla	Controller Project
-Analizar data de presión de descarga de nh3 durante el año	sem 25	sem 26	sem 26	Arturo Colan	Ingeniero de Servicios

4.10.1.2. Análisis de las condiciones iniciales técnica del sistema

Evaluando las condiciones a las que trabaja el sistema de refrigeración, se encontró lo siguiente:

- Presión fija de succión de 2.5 bar (-5°C)
- Presión de descarga fija de 11.5 bar (31°C).

En base a ello se realizó el procedió a evaluar dichos valores en la gráfica Presión vs Entropía , con lo cual se obtuvo lo siguiente :

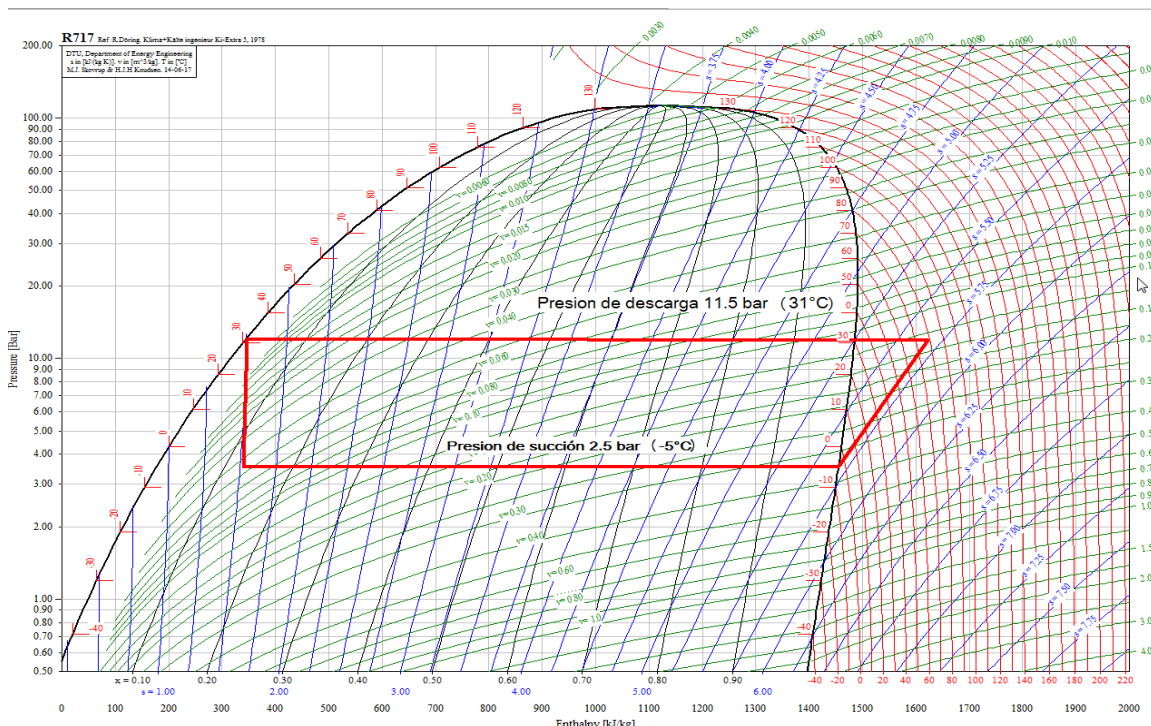


Figura 5 : Diagrama de Presión vs Entalpía

A través de este diagrama se puede calcular teóricamente cuánto es el consumo de energía del sistema bajo las condiciones iniciales, el cual está representado por un área trapezoidal de color rojo.

Además permitió que se haga la comparación del antes con el después de la propuesta , modificando los valores de presión y temperatura a los que se quería llegar .

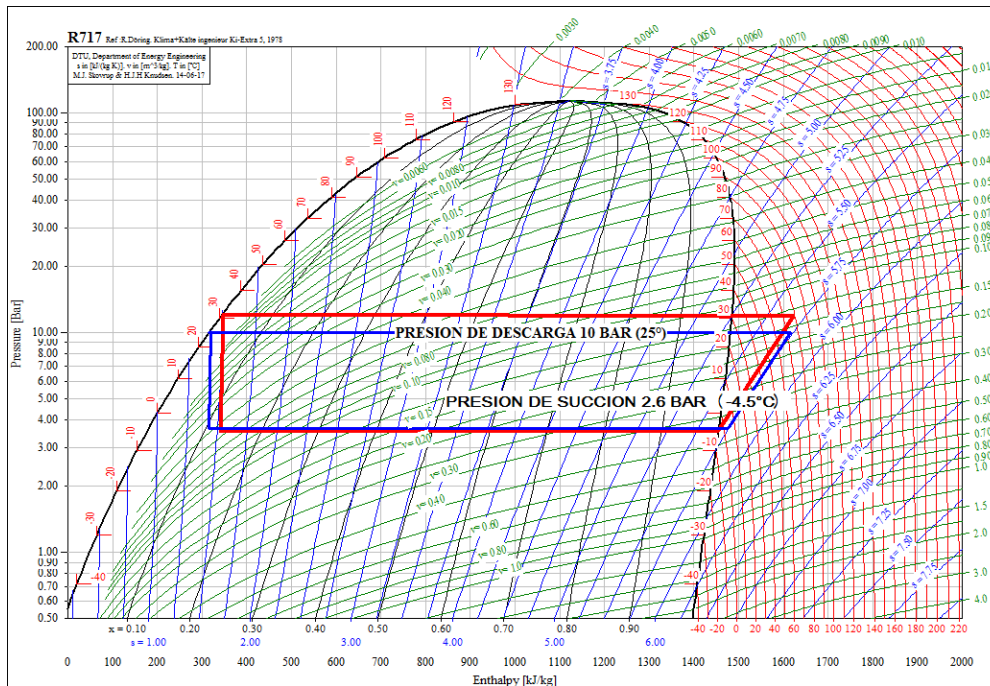


Figura 6 : Diagrama de Presión vs Entalpia

Este diagrama permite observar el cambio que sufriría la entalpia al subir la presión de succión de 2.5 bar a 2.8 bar , valor permitido cuando el enfriador de transferencia esté trabajando y disminuir la presión de descarga de 11.5bar y 30°C a una presión de 10 bar y un 25°C.

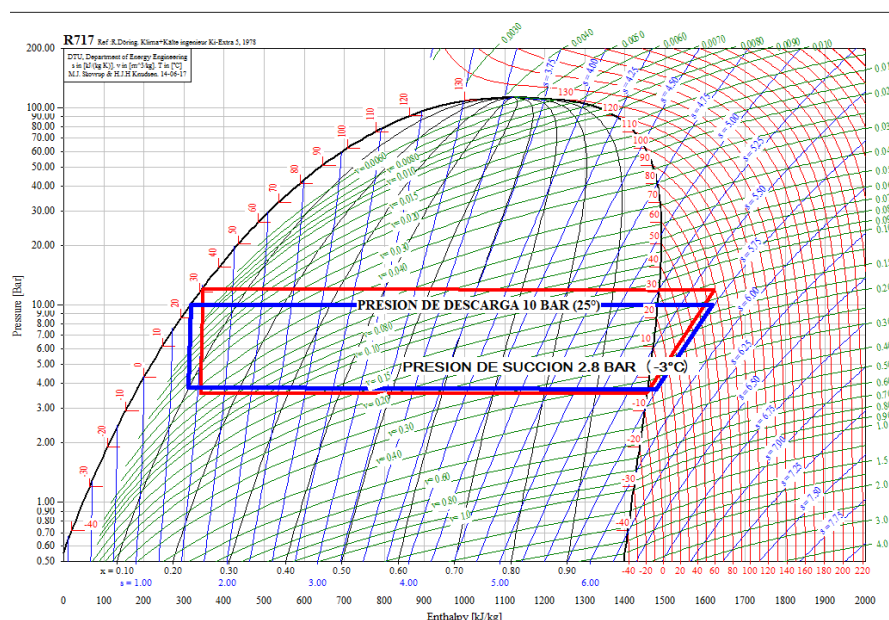


Figura 7 : Diagrama de Presión vs Entalpia

Este diagrama permite observar el cambio que ha sufrido la entalpia al subir la presión de succión de 2.5 bar a 2.8 bar, lo cual se realiza cuando el enfriador de transferencia este trabajando y disminuir la presión de descarga de 11.5bar y 30°C a una presión de 10 bar y 25°C.

Comparando las áreas de ambos casos (Presión de succión de 2.8 y 2.6) que completan los consumos de energía del antes(rojo) y después(azul), se tiene que con la mejora el consumo de energía es teóricamente menor. Estos resultados permiten darle mayor confiabilidad a la propuesta realizada.

4.10.1.3. Análisis de los indicadores antes de la propuesta:

Para poder verificar la propuesta tiene o no resultado positivos fue necesario tener puntos de referencia que permitan evaluar la situación, para este caso se tomaran en cuenta dos factores muy importantes, los cuales son : el COP y el indicador en KWH/HL del consumo de energía .

Para el caso del COP, se solicitó la data histórica obteniéndose que es ente año su valor promedio hasta el momento antes de la propuesta era de 4.2 .

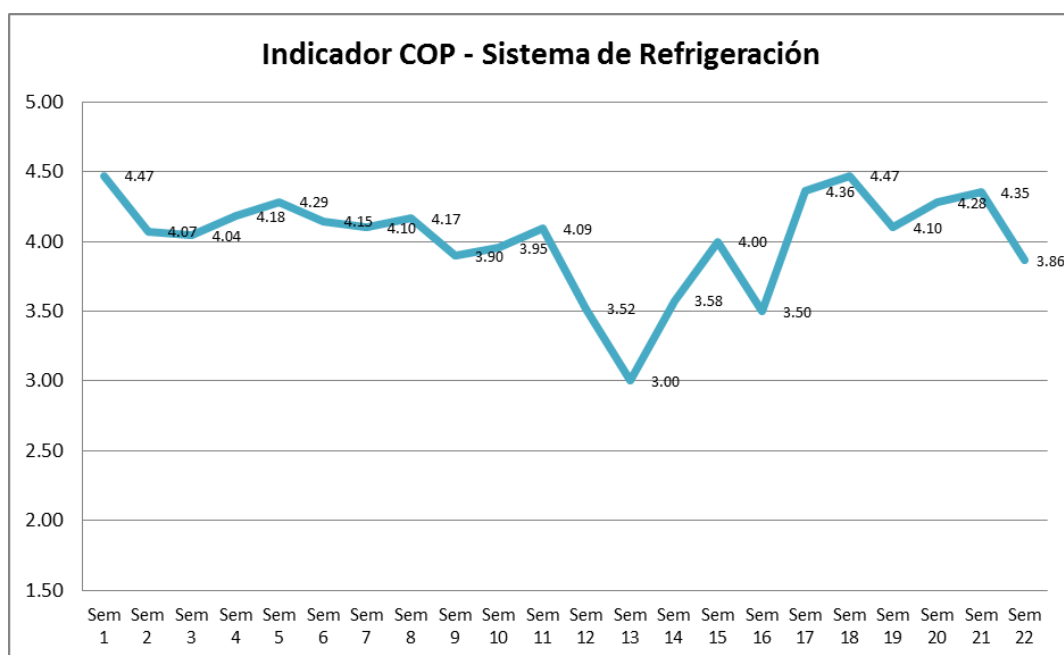


Figura 8: Gráfica del COP del sistema antes de la mejora

Como se puede observar , el COP fluctuaba entre valores de 3 y 4.5, pero cabe resaltar que mientras el COP sea más bajo , implica que el sistema es menos eficiente en consumo de energía..

Para el caso del consumo de energía eléctrica fue similar , también se solicitó la data histórica obteniéndose que es este año su valor promedio hasta el momento antes de la propuesta era de 8.4 KWH/HI.

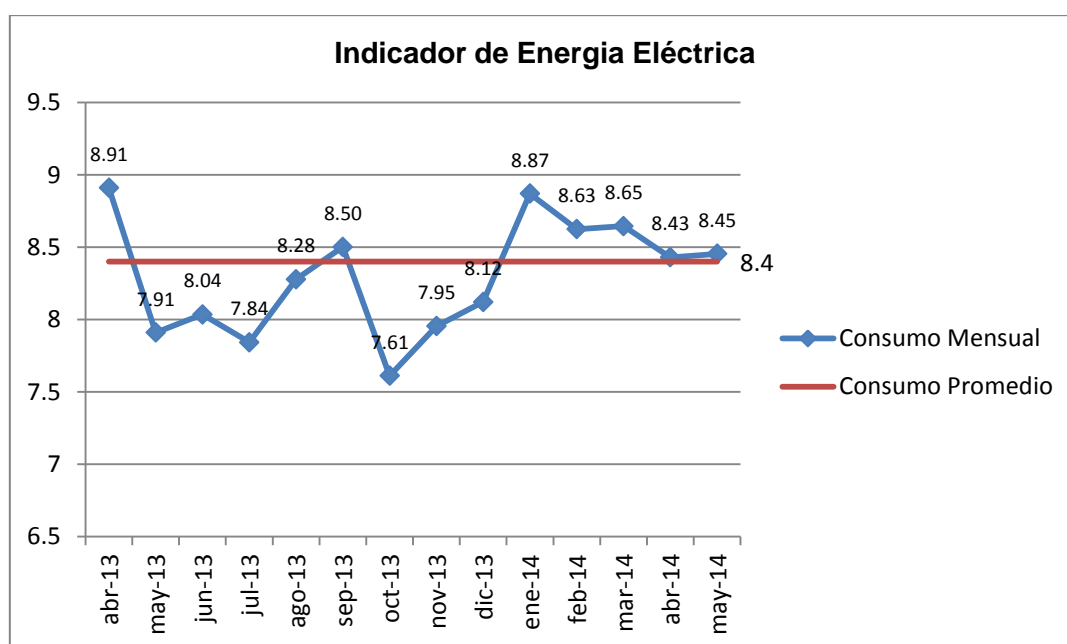


Figura 9 : Indicador de energía Eléctrica Antes de la Propuesta

4.10.1.4. Planteamiento de la Propuesta

Frente a esta situación se efectuaron las siguientes acciones fundamentales:

- a. Incrementar la presión de succión estableciendo 2 etapas operativas :
 - De 2.5 bar a 2.6 bar cuando el enfriador de transferencia de cerveza está operando.

- De 2.5 bar a 2.8 bar cuando el enfriador de transferencia de cerveza esta fuera de servicio.
- b. Reducir la presión de descarga de NH₃ de 11.5 bar a 10 bar.

4.10.1.5. Ejecución de la Propuesta

F1 Plan de Ejecución de Proyecto de Mejora

NOMBRE DE PROYECTO		AHORRO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACION																																																					
Objetivo :		REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION																																																					
Meta :		8 KWH/HL ENVASADO																																																					
2014																																																							
				Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Setiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Enero			Febrero			Marzo																		
	ACTIVIDADES	% Avance	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Definir																																																						
	1.1 REALIZAR BENCHMARKING CON LAS DEMAS PLANTAS SABMILLER	100%																																																					
	1.2 REALIZAR UN MAPEO DE PRESION DE SUCCION CRITICAS PARA TODOS LOS EQUIPOS CRITICOS	100%																																																					
	1.3 ANALIZAR DATA DE PRESIÓN DE DESCARGA DE NH3 DURANTE EL AÑO	100%																																																					
	1.4 REALIZAR PRUEBAS SUBIENDO LA PRESION DE SUCCION DEL SISTEMA SIN AFECTAR AL ENFRIADOR DE TRANSFERENCIA.	100%																																																					
	1.5 ESTABLECER 2 PRESIONES DE SUCCION EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION: 2.5 BAR CON TRANSFERENCIA Y 2.8 BAR SIN TRANSFERENCIA.	100%																																																					
	1.6 BAJAR EL SET POINT DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO PARA QUE SISTEMA TRABAJE CON MENOS PRESIÓN.	100%																																																					
	1.7 INSTALAR UN SENSOR DE °T DE BULBO HUMEDO	100%																																																					
	1.8 INSTALAR SENSORES DE TEMPERATURAS EN LAS POZAS DE LAS TORRES.	100%																																																					
	1.9 REALIZAR EL AUTOMATISMO DE LAS TORRES CON LA °T DE BULBO HUMEDO	100%																																																					
		100%																																																					

Para poder llevar a cabo la propuesta de incrementar la presión de succión , se realizó lo siguiente :

- Programar el SetPoint de la presión de succión de los compresores a 2.6 bar cuando trabaje el enfriador de transferencia, para lo cual se ha establecido un enlace de control entre el enfriador de cerveza y el panel de Braumat¹ .
- Programar el SetPoint de la presión de succión de los compresores a 2.8 bar cuando no trabaje el enfriador de transferencia, para lo cual se ha establecido un enlace de control entre el enfriador de cerveza y el panel de Braumat .

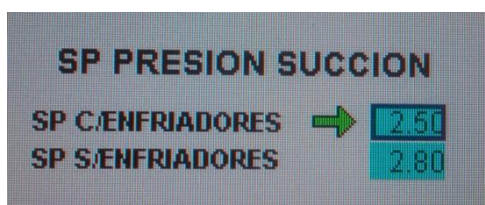


Figura 10 : Presiones implementadas en la pantalla del Sistema de Control

Para poder llevar a cabo la propuesta de disminuir la presión de descarga de NH₃ de 11.5 bar a 10 bar , se realizó lo siguiente :

- Variar manualmente los SetPoint de las torres de enfriamiento en función de la temperatura de bulbo húmedo , la cual varía entre horas del día y de la noche , estación de verano y estación de invierno.
- Implementar el control de torres de enfriamiento con el sensor de temperatura de bulbo húmedo.

¹ Braumat : Software que tiene el sistema de Control de Refrigeración.

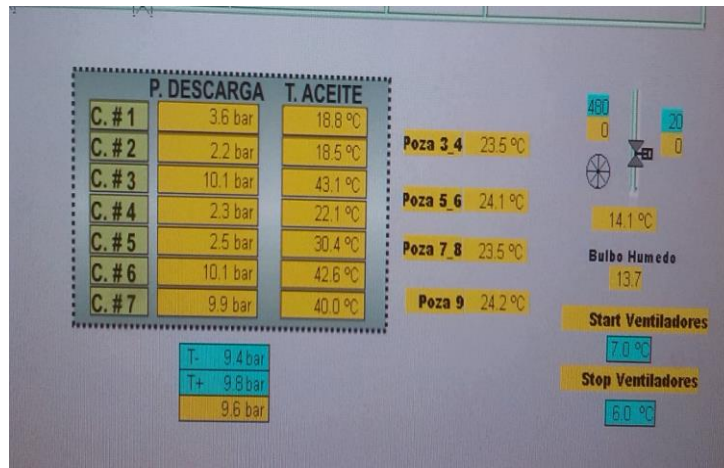


Figura 11 : Valores de la Pantalla de Braumat de los sensores de T°

4.10.2. Verificar

La fase de revisión o verificación consiste en la medición y análisis de variables claves que me permitan determinar si la ejecución de la propuesta ha permitido obtener resultados favorables alineados a cumplir con el objetivo principal.

4.10.3. Análisis de Resultados Técnicos

El primer indicador que va permitir analizar la propuesta será el COP, Para ello se elaboró la siguiente grafica que permite evaluar sus valores .

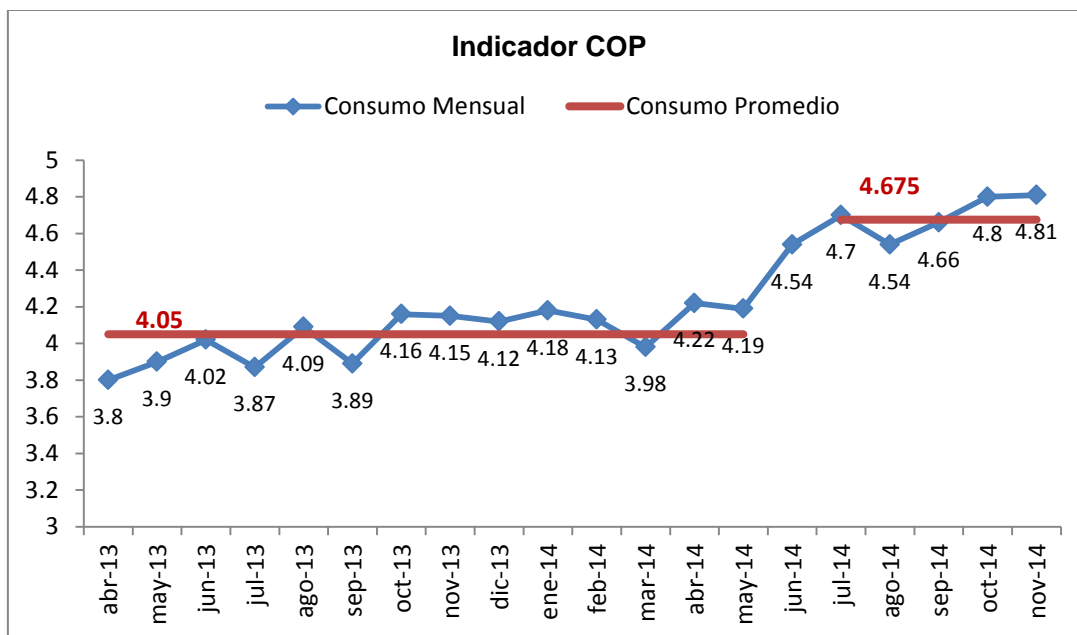


Figura 12 : Indicador COP

Realizando la interpretación de las gráfica del COP se tiene que luego de implementada la mejora el valor del COP es de 4.7 , comparado con el 4.05 que se tenía en un inicio , esto significa que el sistema está siendo más eficiente es decir , que la cantidad de refrigeración proporcionada al sistema está necesitando menor cantidad de energía consumida para generar el enfriamiento.

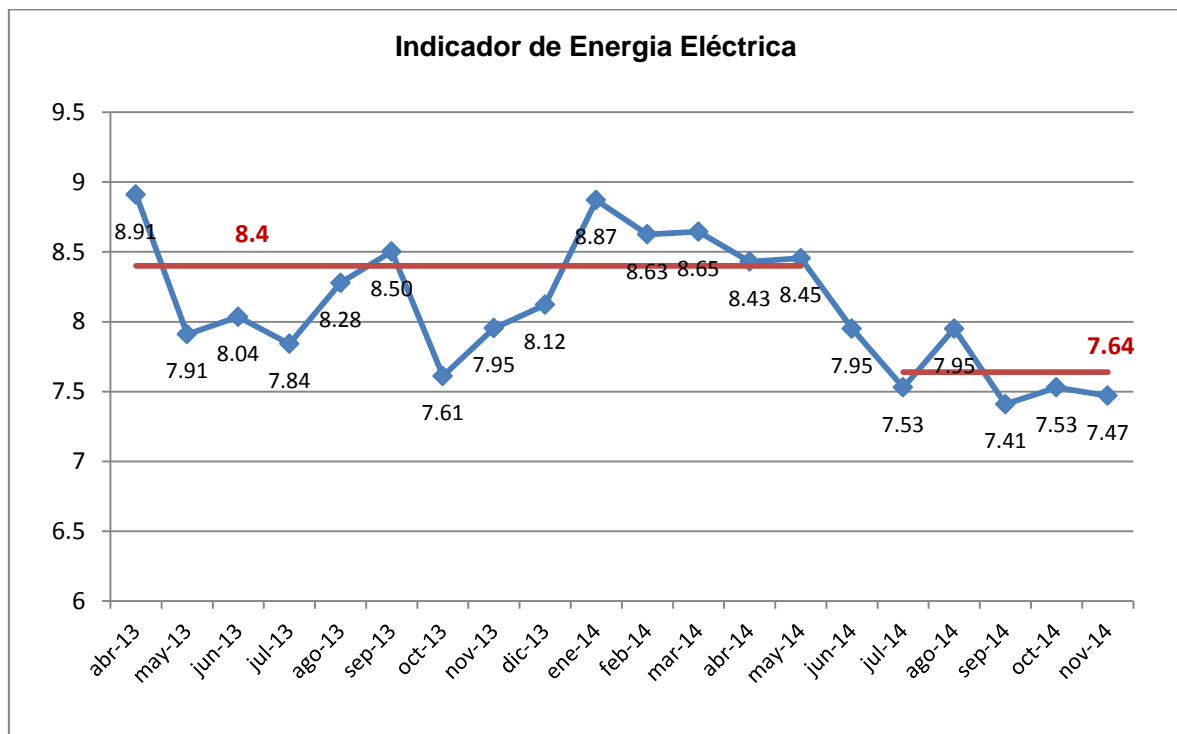


Figura 13 : Indicador de Energía Eléctrica

Realizando la interpretación de las gráficas del indicador de Energía se tiene que antes de implementada la mejora el indicador bordeaba los 8.4 KWH/HI envasado , ejecutada la mejora el indicador se encuentra en un promedio de 7.64 Kwh/HI envasado .

4.10.4. Análisis Costo Beneficios

4.10.4.1. Análisis Costo Beneficio Cuantitativo

ANALISIS COSTO-BENEFICIO CUALITATIVO			
Recurso / Impacto	Área Involucrada		
	Refrigeracion	Filtración	Fermentación y Maduración
Nuevas oportunidades de ahorro	Positivo	Positivo	Positivo
Calidad de producto (frío)	Positivo		Positivo
Control estadístico del proceso	Positivo		
Reduccion del consumo de energia	Positivo		
Control de variables críticas en el proceso	Positivo		
Entrenamiento tecnico	Positivo		

Tabla Nº 4 Análisis Costo Beneficio Cualitativo del Proyecto

Este primer análisis busca relacionarlos impactos de ciertos cambios que involucran el resultado del proyecto, los cuales fueron enmarcados a cada uno de los posibles riesgos .Este cuadro permite demostrar los impactos que han traído como consecuencia este proyecto son positivos.

4.10.4.2. Análisis Costo Beneficio Cuantitativo

ANALISIS COSTO-BENEFICIO CUANTITATIVO POR PROYECTO				
Detalle de Inversión		Costos	Detalle de beneficios	
Sensores	2 (unid)	5,400.00	Reducción mensual del consumo de Energía en el sistema de refrigeración (KW-H/HI)	0.76
Instalación de sensores	1 operador	300.00	Costo EE Soles/KW-H	0.27
Programación del Sistema	1 programador	1,000.00	Producción HI	550,000.00
Total costos por mejora implementada		6,700.00	Reducción mensual del consumo en Soles	46,035.00

Tabla Nº 5 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo 1 del Proyecto

	Antes	Después
Indicador KW-H/HI (Promedio)	8.4	7.64
Costo EE Soles/KW-H	0.27	0.27
Producción HI	550,000.00	550,000.00
Costo Soles/Mes	680,130.00	634,095.00
Ahorro Mensual		46,035.00

Tabla Nº 6 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo 2 del Proyecto

RESUMEN ANALISIS COSTO-BENEFICIO TOTAL	
Costo Mensual Antes	680,130.00
Inversión	6,700.00
Costo Mensual Después	634,095.00
Ahorro Mensual	39,335.00

Tabla Nº 7 : Análisis Costo Beneficio Cuantitativo del Proyecto

En base a estos cuadros resúmenes se concluye con que el proyecto ha permitido generar ahorro de 39 395 soles mensuales gracias a la reducción del consumo de energía, este monto es resultado de la mejora reflejada en el indicador, el cual incluye la inversión realizada para la instalación de los sensores. De esta manera se concluye que sí se lograron cumplir los objetivos de reducir el consumo de energía, generando ahorros, lo cual conlleva al cumplimiento de la estrategia de excelencia operativa, la cual indica que toda empresa debe buscar reducir sus costos para poder maximizar sus beneficios.

4.11. Acciones de Aseguramiento

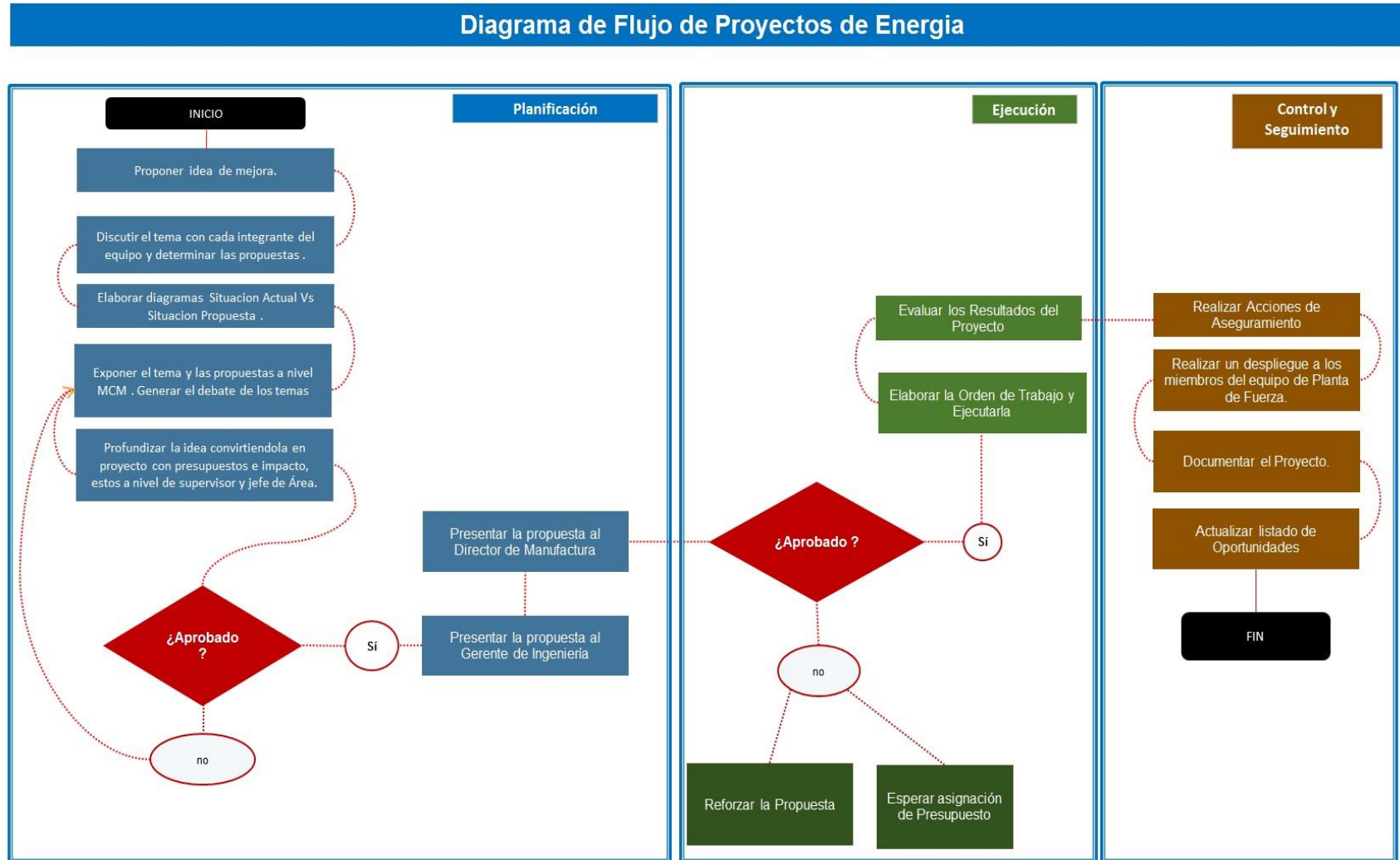
Finalmente para dar cierre al círculo de Mejora Continua Implementado se definieron las siguientes acciones que le permitirán sostenibilidad a la mejora implementada, las cuales son:

1. Se ha incluido una plantilla de los valores COP en el panel de gestión de Manufactura de Clase Mundial, en el cual se toma al COP como una variable a la cual se le realiza control estadístico , para analizar su comportamiento .
2. Se han establecido reuniones con nuestros usuarios a fin de explicarles el objetivo del presente proyecto y sus implicancias, para conseguir su apoyo total.

3. Implementación de sistemas automáticos de control de Temperatura de bulbo húmedo para las torres de enfriamiento y mantener la presión de descarga optima (10 bar) en cualquier condición ambiental.
4. Implementación de Diagrama de Flujo para Proyectos de Ahorro de Energía Eléctrica.

Este conjunto de acciones permitirán que la mejora implementada sea cumplida.

4.11.1. Diagrama de Flujo para ejecución de Proyectos de Ahorro de Energía



CONCLUSIONES

1. La Energía eléctrica es uno de los recursos primordiales para el funcionamiento de una industria cervecera, por el mismo hecho que es fundamental lo hace imprescindible de su uso, pero lo que si no implica es que sea derrochado o malgastado, el uso óptimo de este recurso significa mejoras muy provechosas para la empresa y para lograr ello se necesita encontrar la oportunidad que sea clave en el proceso y en la cual se pueda realizar alguna optimización. En esta tesis se hizo uso del análisis de Pareto realizado previa estratificación de áreas, con el cual se pudo determinar los procesos de mayor consumo de energía obteniéndose como resultado qué el área que mayor consumo de energía tiene respecto a toda la planta es Planta de Fuerza, la cual representa el 50% del consumo total de Energía Eléctrica siendo el sistema de Refrigeración su principal responsable con un 22% de participación.
2. Se logró la identificación de una oportunidad de mejora para reducir consumo de energía, mediante el análisis Formal de Fallas, metodología de solución de problemas, que permitió obtener las causas raíces y las acciones prioritarias para llevar a cabo la propuesta, la cual fue implementada en el sistema de refrigeración para el ahorro de energía, logrando una evolución satisfactoria del indicador ,ya que cuando se inició el proyecto en Abril existía un índice calculado de 8.4H KW-h/HI y al finalizarlo los valores se encontraban en un promedio de 7.95 KW/HI
3. Realizar un proyecto de ahorro de energía parte con la etapa de planificación , la cual involucra analizar la situación y proponer posibles ideas para desarrollo de la propuesta a ejecutar, para ello es clave utilizar herramientas de solución de problemas; luego se realiza la ejecución de la mejora , en la cual todas las ideas ya organizadas , basadas en conceptos técnicos se plasman para obtener la oportunidad de implementarse , luego sigue el control y evaluación si los resultados son tal cual se planearon ; como en este caso al hacerle seguimiento al proyecto se pudo observar que tanto el indicador de

consumo de energía como el COP disminuyeron considerablemente generando ahorros de 39 335 soles mensuales.

4. Esta tesis ha permitido la formulación de un formato para ejecución de proyectos de ahorro de Energía Eléctrica, que permiten mediante el diagrama de flujo realizado llevar a cabo una serie de pasos para la ejecución de futuros proyectos de mejora. Si bien es cierto el proyecto es muy específico para el sistema de refrigeración centrándose en los compresores, la metodología utilizada para encontrar la solución al problema sí es replicable ya que involucra una serie de criterios de análisis los cuales si son replicables a cualquier proyecto que buscar generar ahorros de consumo de energía.
5. La investigación desarrollada permitió el diseño y la implementación de un procedimiento para la mejora de los procesos que intervienen en el consumo de energía, lo que responde a la estrategia de la empresa de posicionar el ahorro como filosofía de gestión, operación y ambiente laboral en todos los niveles.
6. Se optimizó el proceso de funcionamiento del sistema de refrigeración, para lo cual fue necesario redefinir sus actividades, las entradas y salidas del proceso, definir sus indicadores de eficiencia y eficacia, registros para su monitoreo, así como elaborar su documentación. Se validó el procedimiento propuesto, verificando la mejora de los indicadores de consumo y eficiencia del proceso. Su aplicación concibe la obtención de un conjunto de resultados satisfactorios que contribuyen a la formación de una cultura de ahorro energético.

RECOMENDACIONES

1. Las soluciones para la ineficiencia de los procesos se deben buscar primero al interior de cada unidad, es decir evaluando la forma en que cada uno de los operadores realiza un subproceso consensuando cual es la mejor, no sólo con el fin de ahorrar recursos que tengan que ver con insumos o materia prima sino enfocada a la parte de ahorro de energía y seguridad de las personas. Con esto se consigue estandarizar los procedimientos pero todo depende en gran parte de la supervisión ya que esta es la responsable de evaluar constantemente si los procesos se están realizando de acuerdo al estándar establecido.
2. Si bien es cierto la corrección de algunos problemas demandan de inversión económica es mucho lo que se puede hacer con los recursos que se tienen a mano lo cual demanda dedicación y análisis.
3. Realizar reuniones con una frecuencia no mayor a quince días involucrando a personas de diferentes áreas es una oportunidad para poder obtener propuestas de ahorro , las cuales deben ser registradas en un acta donde se indique a los responsables de cada acción que se acuerda, luego se deben establecer fechas límites para la ejecución. Cada integrante de la reunión deberá llevar a las reuniones los resultados obtenidos y puntos problemáticos que impidan la ejecución de alguna acción establecida en el grupo.
4. Es importante que las personas que forman parte del grupo del proyecto de ahorro de energía sean personas comprometidas y responsables la cuales deberán realizar seguimiento continuo a lo que se va logrando y tengan la capacidad de difundir en sus áreas lo que se trata en las reuniones.

BIBLIOGRAFÍA

1. SabMiller Global Rooms , Refrigeration Package Opportunities (2013), Guia para implementar mejoras en el proceso de refrigeración de la industria cervecera, Inglaterra.
2. SERNA G. Humberto. (1996). Planeación y gestión estratégica. Edit. Grau. Bogotá – Colombia
3. STONER J. – FREEMAN. E. (2000). Administración. Edit. Prentice Hall Hispanoamericana. México Gerencia de Servicios Industriales de Cervecería Backus , Planta Ate (2014)
4. Backus - Planta Ate, Sistema de Refrigeración(2014)
5. Dossat ,R. "Principles of Refrigeration " . Tercera Edicion .Prentice Hall. New Jersey.1991
6. Guia Operativa del Sistema de Refrigeracion , Cervecerias Backus(2013)
7. Jorge Blazquez , Tendencias Globales Del Consumo De Energía Y Sus Implicaciones Sobre Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero -
<http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Consumoenergia.htm>
8. 2014. BACKUS. Todos los derechos reservados.
<http://www.backus.com.pe/website/contactanos-plantas.html>
9. Sabana Norte, San José, Costa Rica, 2014 ,Ahorro en la industria,
http://www.grupoice.com/wps/portal/gice/elect_hub/Ahorro%20de%20Electricidad/
10. <http://www.skymark.com/resources/leaders/ishikawa.asp>
11. <http://asq.org/quality-progress/2002/05/problem-solving/los-beneficios-de-pdca.html>
12. http://calidadenorganizacionesdeservicio.bligoo.com.mx/media/users/15/757189/files/122816/034_Metodo_de_Analisis_de_Fallas.pdf